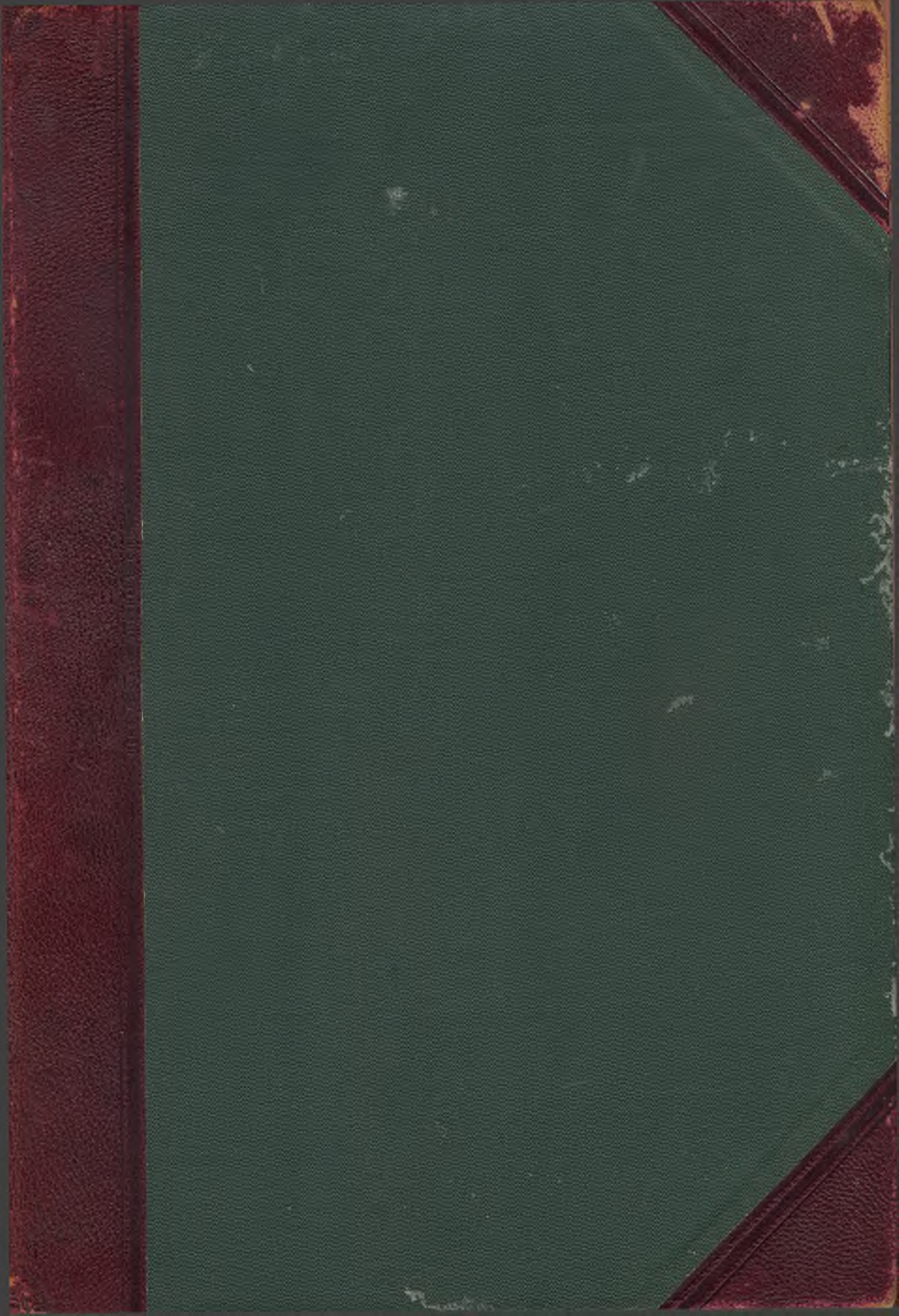


Мірозданіе.

Мірозданіе.

Д-ра **М. Вильгельма Мейера.**

Переводъ (съ разрѣшенія издателей оригинала) съ дополненіями и библіографическимъ указателемъ по русской литературѣ

подъ редакціей заслуженнаго проф. Императорскаго С.-Петербургскаго университета

С. П. фонъ-Глазенапа.

---

*„**Мірозданіе**“ **рекомендовано** Ученымъ Комитетомъ Министерства Земледѣлія и Государственныхъ имуществъ для библіотекъ подвѣдомственныхъ Министерству учебныхъ заведеній;*

***рекомендовано** Главнымъ Управленіемъ Военно-учебныхъ заведеній въ ротныя библіотеки двухъ старшихъ классовъ кадетскихъ корпусовъ;*

***одобрено** Ученымъ Комитетомъ Министерства Народнаго Просвѣщенія для фундаментальныхъ и ученическихъ, старшаго возраста, библіотекъ среднихъ учебныхъ заведеній Министерства, для библіотекъ учительскихъ институтовъ и семинарій, для учительскихъ библіотекъ низшихъ училищъ и для безплатныхъ народныхъ читаленъ и библіотекъ.*



С.-Петербургъ.
Книгоиздательское Т-во „Просвѣщеніе“, 7 рота, 20;
Городская контора: Невскій, 50.

Міроздаіе.

Астрономія въ общепонятномъ изложеніи.

Четвертое изданіе со стереотипа.

Съ 300 рисунками въ текстѣ, 10 картами въ краскахъ, 18 хромолитографіями и геліогравюрами и 13 рѣзанными на деревѣ черными картинами.

К. Альфонса, Г. Гардера, В. Кранца, О. Шульца, Г. Витта и др.



С.-Петербургъ.
Типографія Книгоиздательскаго Товарищества „Просвѣщеніе“,
7 рота, 20.

Бумага безъ примѣси древесной массы (веленевая).



Предисловіе автора.

Эта книга нѣсколько отличается отъ существующихъ уже популярныхъ астрономій. Я стремился, не прибѣгая къ орудію научнаго анализа, показать читателю вѣроятность излагаемыхъ передъ нимъ результатовъ изслѣдованія; гдѣ было можно, давалось, конечно, и строгое доказательство. Подобный способъ изложенія нашей науки особенно важенъ для широкаго круга читателей, такъ какъ со стороны послѣднихъ астрономическіе выводы почти совершенно не доступны провѣркѣ. Читатель волей-неволей вынужденъ считать справедливымъ то, что скажетъ астрономъ. При подобныхъ условіяхъ, конечно, не можетъ сложиться знаніе, а только можетъ явиться вѣра въ великія побѣды человѣческаго духа. Такая вѣра, однако, весьма часто уживается съ внутреннимъ недовѣріемъ.

Вполнѣ естественная причина этого печальнаго явленія заключается въ томъ, что для выясненія методовъ астрономическаго изслѣдованія приходится прибѣгать къ пріемамъ высшей математики, а необходимой для этого подготовкой обыкновенный образованный человѣкъ обладаетъ въ весьма рѣдкихъ случаяхъ. Но такъ какъ математическій анализъ въ сущности есть только орудіе, облегчающее работу нашей мысли, то нѣтъ сомнѣнія, что логическіе выводы, полученные при его посредствѣ, можно изложить и безъ его помощи. Только въ послѣднемъ случаѣ путь оказывается болѣе сложнымъ. Тамъ, гдѣ можно было изложить математическіе выводы обычнымъ языкомъ, безъ особенно сложныхъ обходныхъ путей, я старался въ логической связи прослѣдить шагъ за шагомъ тѣ общія идеи, которыя приводятъ къ широкимъ воззрѣніямъ на величіе и единство мірозданія.

Въ описательной части я держался такого правила, чтобы прежде всего сосредоточивать вниманіе на несомнѣнныхъ фактахъ, найденныхъ наблюденіемъ, не дѣлая какихъ либо предварительныхъ допущеній, а за-

тѣмъ уже, исходя изъ видимаго, выяснять причину, связь явленій. Соотвѣтственно этому принципу написана вся книга. Этимъ объясняется и особенное расположеніе матеріала, благодаря чему книга даетъ не случайный рядъ главъ, описывающихъ отдѣльныя небесныя явленія, а представляетъ одно связное цѣлое.

Въ виду того, что я стремился не столько описывать предметы, сколько главнымъ образомъ выяснять руководящія идеи нашей науки, пришлось, ради ясности, поступиться полнотою. Я старался дать возможно стройную, цѣльную картину и потому въ отдѣльныхъ частяхъ ограничивался только общими рѣзкими чертами. Числовые разсчеты, приводимые въ различныхъ мѣстахъ книги, нельзя считать безусловно точными; многіе выводы требовали бы еще оговорокъ, которыхъ я не дѣлалъ, боясь нарушить ясность изложенія. Въ таблицахъ, помѣщенныхъ въ книгѣ, цифры соотвѣтствуютъ новѣйшимъ даннымъ.

Однако, не гоняясь за полнотой, я старался при выборѣ матеріала брать то, что точно подтверждено самыми послѣдними изслѣдованіями, и то, что составляетъ важнѣйшую основу для образованія общей картины міра. Гипотетическаго и спорнаго я старался по возможности избѣгать. За послѣднее время въ различныхъ областяхъ астрономическаго изслѣдованія высказаны были новые взгляды, которые грозятъ поколебать уже установившіяся знанія, хотя взамѣнъ ихъ пока еще и не дали ничего достовѣрнаго. Укажу, напр., на современные взгляды на устройство важнѣйшаго для насъ небеснаго свѣтила, солнца. Въ подобныхъ случаяхъ я приводилъ рядомъ наиболѣе цѣнныя мнѣнія, не склоняясь ни къ одному изъ нихъ, хотя бы лично я и раздѣлялъ то или другое.

Въ одномъ только случаѣ я, по личнымъ соображеніямъ, отступилъ отъ этого правила, именно въ послѣдней главѣ „Исторія развитія міровъ“. Высказанную мною въ этой главѣ основную мысль, требующую, конечно, болѣе основательнаго изслѣдованія, я представляю на благосклонное вниманіе спеціалистовъ.

За послѣднія десятилѣтія наука о мірозданіи, какъ и все естествознаніе, настолько двинулась впередъ, что даже астрономъ не въ состояніи уже охватить ее всю, не говоря уже о томъ, чтобы владѣть ею. Для избѣжанія ошибокъ я обратился къ содѣйствію нѣкоторыхъ спеціалистовъ. Съ любезной готовностью они согласились просмотрѣть отдѣльныя главы книги передъ напечатаніемъ, за что я выражаю имъ свою сердечную признательность. Такъ, проф. Скіапарелли въ Миланѣ просмотрѣлъ главу о Марсѣ, проф. Шейнеръ въ Потсдамѣ — главы о спектральномъ анализѣ и о солнцѣ, г. Гинцель, астрономъ-вычислитель берлинской обсерваторіи, — главу о

затменіяхъ, проф. Зелигеръ въ Мюнхенѣ—главу о тяготѣніи. Конечно, это въ значительной степени повысило достоинство книги. Кромѣ того за неоцѣненную помощь, оказанную мнѣ присылкою фотографическихъ оригиналовъ и другихъ матеріаловъ, я считаю своимъ долгомъ выразить благодарность проф. Фогелю въ Потсдамѣ, Хольдену на горѣ Гамильтонъ (Калифорнія), Хэлю, Бернерду и Килеру въ Чикаго. При собираніи матеріала по фотографіи неба большую помощь оказалъ мнѣ г. Неккеръ, ассистентъ въ Страсбургѣ. Тяжелый трудъ наблюденія за печатаніемъ и чтеніемъ корректуръ взяли на себя г. Виттъ въ обсерваторіи Ураніи въ Берлинѣ, совмѣстно съ г. Блохманомъ. Считаю также долгомъ выразить признательность издателю: его заботливое отношеніе къ дѣлу и извѣстная щедрость весьма много способствовали правильной редакціи, выполненію иллюстрацій, вообще внѣшней сторонѣ изданія.

Берлинъ.

М. Вильгельмъ Мейеръ.

Предисловіе редактора русскаго перевода.

Въ концѣ девятнадцатаго столѣтія въ Берлинѣ основалось акціонерное научное Общество „Уранія", единственное въ своемъ родѣ учрежденіе для распространенія научныхъ знаній въ обширномъ кругѣ берлинской публики. „Уранія" имѣетъ прекрасную физическую и физіологическую лабораторіи, геологическую и минералогическую коллекціи и, наконецъ, астрономическую обсерваторію съ отличнымъ двѣнадцатидюймовымъ рефракторомъ. При выборѣ директора этого своеобразнаго учрежденія, акціонеры должны были остановиться на такомъ лицѣ, которое, обладая превосходными административными знаніями, отличалось бы вмѣстѣ съ тѣмъ и выдающимися научными заслугами и талантомъ въ популяризаціи наукъ; ихъ выборъ палъ на д-ра В. Мейера. Одно это обстоятельство уже указываетъ на выдающееся положеніе, занимаемое авторомъ настоящаго сочиненія въ современной научной литературѣ. Акціонеры не ошиблись: В. Мейеръ поставилъ „Уранію" на должную высоту; въ аудиторіи Ураніи ежедневно происходятъ научныя чтенія, иллюстрируемыя превосходно исполненными туманными картинами. Въ лабораторіяхъ „Ураніи" ежедневно демонстрируются физическіе опыты передъ многочисленными посѣтителями, а обсерваторія доступна всѣмъ желающимъ. Вспомнимъ, что въ обсерваторіи „Ураніи" г. Виттомъ открыта планета „Эросъ", часть орбиты которой лежитъ ближе къ землѣ, чѣмъ Марсъ.

„Мірозданіе" В. Мейера, какъ и всѣ его сочиненія, отличается ясностью изложенія и увлекаетъ читателя возвышенною цѣлью, намѣченною авторомъ. Поставивъ себѣ задачею доставить просвѣщенной публикѣ сводъ современныхъ знаній въ области Астрономіи, авторъ сумѣлъ выполнить ее самымъ блестящимъ образомъ; онъ передаетъ читателю о всѣхъ открытіяхъ и воззрѣніяхъ послѣдняго времени. Вслѣдствіе этого „Мірозданіе" является цѣнною книгою современной научно-популярной литературы. Въ

виду выдающихся достоинствъ „Мірозданія“ В. Мейера, я съ удовольствіемъ принялся за его редактированіе и надѣюсь, что читатели перевода „Мірозданія“ найдутъ въ немъ столько же удовольствія, сколько я имѣлъ при редактированіи перевода.

Изъ 42 печатныхъ листовъ 35 переведены А. М. Созоновой и С. И. Созоновымъ*).

Издательское товарищество „Просвѣщеніе“ приложило всѣ старанія, чтобы придать русскому переводу то изящество, которое вызывается возвышенностью предмета. Любовь къ астрономіи въ послѣднее время увеличивается въ Россіи, и является спросъ на общедоступное и притомъ полное изложеніе предмета. Я не сомнѣваюсь, что настоящая книга удовлетворитъ требованіямъ образованной публики. Для интересующихся астрономіей я составилъ краткій библіографическій указатель, въ которомъ помѣщены лучшія книги и статьи по различнымъ отдѣламъ и вопросамъ современной астрономіи.

Профессоръ **С. Глазенапъ.**

---

*) Изъ числа остальныхъ семи листовъ стр. 1—31, 63—77 переведены Л. Г. Малисомъ, стр. 205—222, 255—277 — г. Зубовскимъ, стр. 223—238, 321—336 — гг. Зубовскимъ и Созоновымъ.

Оглавленіе.

Списокъ рисунковъ.

МІРОЗДАНІЕ.

ВВЕДЕНІЕ.

1. Предметъ и значеніе астрономіи.

До Коперника лишь весьма немногіе выдающіеся умы въ странахъ европейской культуры размышляли о связи нашего земного міра со свѣтилами, находящимися надъ нами. По крайней мѣрѣ объ этомъ болѣе не размышляли съ того времени, какъ послѣ упадка египетской и греческой культуры почитаніе свѣтилъ или примѣненіе ихъ къ предсказанію религіозныхъ праздниковъ не принадлежало къ государственному культу.

Въ первобытныхъ стадіяхъ развитія человѣческаго ума и нынѣ у отставшихъ въ умственномъ развитіи племенъ дикихъ народовъ свѣтила играли и играютъ особенно выдающуюся роль. Извѣстно, что бушменъ, это несчастное существо, которое не можетъ даже построить себѣ хижины, лучше оріентируется между звѣздами, чѣмъ сотни тысячъ нашихъ образованнѣйшихъ жителей большихъ городовъ. Бушмены имѣютъ особыя имена для извѣстныхъ созвѣздій, они отличаютъ планеты отъ неподвижныхъ звѣздъ и т. д. Быть можетъ, постоянное пребываніе подъ открытымъ небомъ, оріентированіе по времени и направленію и были первою причиной этого интереса дикихъ народовъ къ звѣздному міру. Жители же большихъ городовъ видятъ лишь скудный клочекъ вѣчнаго неба надъ высокими рядами стѣнъ своихъ улицъ, и звѣзды едва могутъ пронизать туманную атмосферу и почти совершенно пропадаютъ въ морѣ уличнаго освѣщенія. Нынѣ у насъ знаютъ небесные міры почти только по наслышкѣ, тѣ самые міры, которые прежде трогали душу человѣка такъ глубоко, какъ только могутъ одни помыслы о Всевышнемъ.

Какъ предчувствовали въ тѣ времена, когда отождествляли свѣтила съ божествами, такъ и нынѣ тѣ силы, которыя исходятъ отъ свѣтилъ и управляютъ мірами вселенной, имѣютъ глубокое вліяніе на нашу судьбу. Но какъ поверхностный наблюдатель не узнаетъ вліянія высшихъ органовъ государственной власти, потому что не чувствуетъ его непосредственно, въ противоположность незначительнымъ, но бросающимся въ глаза, дѣйствіямъ исполнительныхъ властей,—точно такъ близорукое человѣчество не замѣчаетъ величественныхъ воздѣйствій тѣхъ небесныхъ законовъ, которые всѣхъ насъ объемлютъ, осѣняютъ и осыпаютъ благодѣяніями.

Горожанинъ забываетъ даже солнце, животворная сила котораго самымъ прямымъ образомъ бросается въ глаза, хотя распредѣляетъ всю свою дѣятельность, правда безсознательно, по тому прекрасному ритму, который состоитъ въ смѣнѣ дня и ночи, лѣта и зимы, и производится солнцемъ. Связь между положеніемъ солнца въ небѣ и показаніемъ его часовъ становится вѣдь все запутаннѣе. Совсѣмъ иначе было тогда, когда приходилось смотрѣть на солнце, чтобы узнать время. Тогда каждый былъ самъ для

себя астрономомъ. Теперь только сельскій житель взглянетъ, можетъ быть, иногда съ благодарностью наверхъ, на сіяющее свѣтило, источникъ всѣхъ благъ, которыя раздѣляемъ мы, неразмышляющіе обитатели земли.

Какимъ же образомъ могло случиться, что этотъ интересъ къ небеснымъ явленіямъ подвергся столь существеннымъ колебаніямъ въ теченіе столѣтій? Рѣшеніе этого вопроса получитъ значеніе, если мы дадимъ себѣ отчетъ въ томъ, имѣетъ ли въ настоящее время изученіе астрономіи ту же общую высокую важность, какъ въ то время, когда религія и обыденная жизнь приближали къ намъ звѣзды. Прослѣдимъ для этой цѣли въ бѣгломъ очеркѣ тѣ идеи, которыя соединяли со свѣтилами люди на различныхъ ступеняхъ своего развитія.

Какъ пришли люди къ божественному почитанію свѣтилъ, легко понять. Слишкомъ было очевидно, что невидимыя силы, источникъ которыхъ лежитъ надъ земнымъ міромъ, вмѣшиваются въ земныя дѣла; въ солнцѣ-же и прочихъ свѣтилахъ должны были люди признать внѣземные, недосягаемые, быть можетъ, невещественные предметы. Они стали, слѣдовательно, чѣмъ-то, стоящимъ выше людей, — ихъ божествомъ. Постоянная зависимость отъ небесныхъ явленій, которыми никакая человѣческая власть не могла ни управлять, ни отвращать, ни вызывать, внушила человѣку страхъ и благодарность къ его божеству.

И солнце должно было по необходимости играть здѣсь первую роль. Все, что воспринималъ и предпринималъ въ своей безпомощности первобытный человѣкъ, зависѣло отъ солнца: оно будило его утромъ и выманивало его на свѣжій воздухъ изъ его душной пещеры, на охоту за добычей. Вечеромъ, какъ только солнце отдыхало отъ своей дневной работы, члены дикаря ослабѣвали, и страхъ предъ ужасными силами мрака гналъ его назадъ въ пещеру. Расположившись въ кругу семьи около огня, этого безконечно слабаго отблеска сіяющаго дня, онъ на разсвѣтѣ пробуждающагося развитія началъ размышлять, какъ могутъ происходить всѣ эти вещи, подобны ли людямъ небесныя существа, смертны ли они. Тутъ-то и возникли первые зародыши вопросовъ, надъ рѣшеніемъ которыхъ человѣчество будетъ вѣчно трудиться. Что же думали о свѣтилахъ небесныхъ въ первыхъ стадіяхъ исторіи человѣчества, о которыхъ у насъ нѣтъ и слѣда историческаго преданія и которыя, можетъ быть, на 50 тысячъ лѣтъ лежатъ позади нашего времени? Мы можемъ возстановить это съ нѣкоторою вѣроятностью, если разберемъ мысли и преданія современныхъ намъ дикихъ народовъ.

О бушменахъ, которыхъ должно считать самыми несчастными человѣческими созданіями на всемъ земномъ шарѣ, Ратцель разсказываетъ въ своемъ „Народовѣдѣніи“ (Ratzel, Völkerkunde) слѣдующее:

„Точное наблюденіе небесныхъ явленій обнаруживаютъ не только нѣкоторыя ихъ сказки и миѳы, но и ихъ собственное знаніе звѣздъ и имена, которыя они дали имъ. Изъ нихъ приведемъ исторію о солнцѣ. Оно жило прежде на землѣ, какъ человѣкъ, и испускало свѣтъ изъ-подъ мышекъ, такъ что освѣщалось лишь небольшое пространство вокругъ хижины солнца. Тогда первые бушмены послали дѣтей, чтобы бросить солнце на небо, откуда оно и свѣтитъ теперь всѣмъ. Луна въ бушменскихъ сказаніяхъ является тоже мужского рода; солнце въ гнѣвѣ своемъ отрѣзаетъ ножомъ (своими лучами) отъ нея одинъ кусокъ за другимъ. Наконецъ, луна проситъ оставить хоть одинъ кусочекъ ея дѣтямъ. Этотъ оставшійся кусочекъ начинаетъ опять рости, пока не обратится въ полную луну. Потомъ солнце снова обрѣзаетъ луну. Съ луной соединяется также происхожденіе смерти“.

Послѣднее обстоятельство выступаетъ еще яснѣе въ сходномъ сказаніи жителей Фиджи, которое Ратцель передаетъ такъ: „два бога, луна и крыса, вступили въ споръ, должны ли люди быть смертными, подобно лунѣ, т. е.

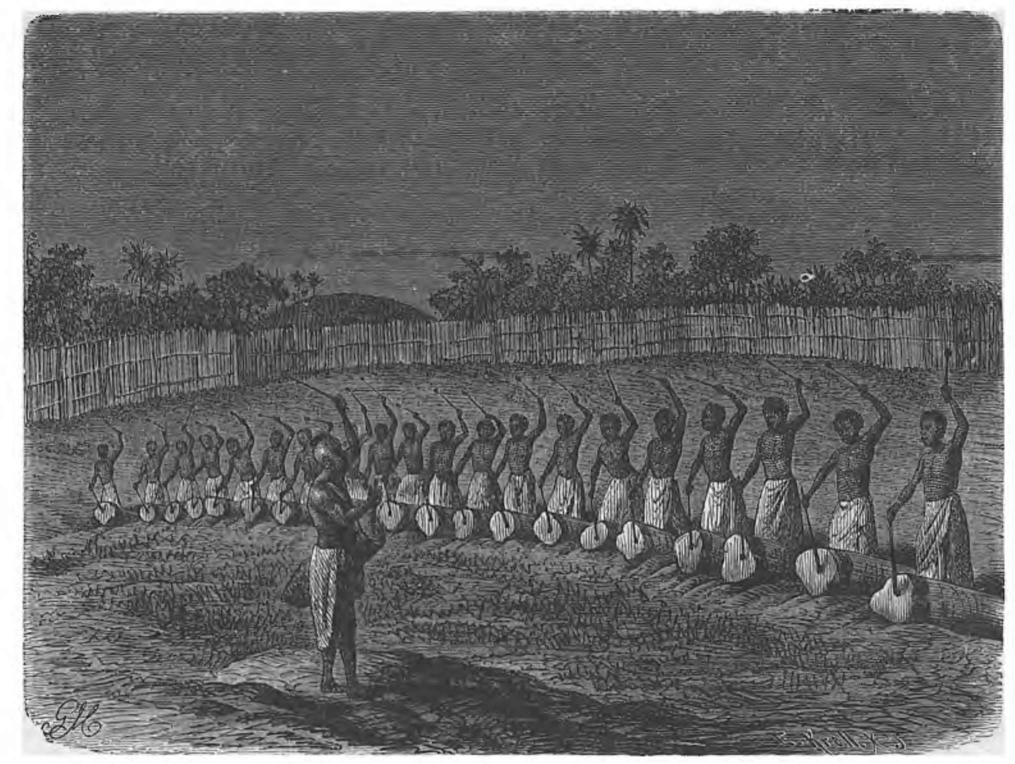
умирая и снова возстановляясь, или, подобно крысамъ, т. е. просто умирая и уже не возстановляясь. Крыса побѣдила, поэтому люди смертны". „У готтентотовъ луна посылаетъ зайца сказать людямъ, что они будутъ исчезать и вновь появляться, подобно ей. Заяцъ исполняетъ порученіе какъ разъ въ противоположномъ смыслѣ, за что луна бросаетъ въ него палкой и разсѣкаетъ ему губу". „Изъ всѣхъ звѣздъ самая извѣстная для бушменовъ — Канопусъ; у нихъ пять различныхъ названій для него. Они имѣютъ также образныя названія для созвѣздій. Такъ они называютъ поясъ Оріона — три черепахи, повѣшенныя на палкѣ; Касторъ и Поллуксъ — лосихи; Проціонъ — лось; α, β и γ Южнаго Креста — львицы; прочія звѣзды этого созвѣздія — львы; Магелланово облако называютъ они козерогомъ. О происхожденіи звѣздъ у нихъ есть преданіе, что дѣвушка, принадлежавшая народу, который жилъ до бушменовъ, желала сдѣлать свѣтъ, чтобы люди могли находить дорогу домой. Для этого она бросила на небо пылающую золу, которая обратилась въ звѣзды".

О народахъ близъ источниковъ Нила разсказывается слѣдующее любопытное преданіе: „въ древнѣйшія времена", говорятъ Ваніоро: „на землѣ было много людей. Они не умирали и жили вѣчно. Они стали надменны и не приносили даровъ, поэтому великій чародѣй, который управляетъ судьбой людей, низвергнулъ на землю весь небесный сводъ и убилъ всѣхъ людей. Чтобы не оставить землю пустынною, онъ послалъ на землю мужчину и женщину. Оба были съ хвостами. Они родили сына и двухъ дочерей. Отъ послѣднихъ, въ свою очередь, родились хамелеонъ, отвратительное животное, и исполинъ — луна. Оба ребенка выросли; скоро между ними начались ссоры, потому что хамелеонъ былъ золъ и коваренъ. Наконецъ, великій чародѣй взялъ луну къ себѣ наверхъ, откуда еще и теперь луна смотритъ внизъ на землю. Чтобы, однако, напомнить объ ея земномъ происхожденіи, луна становится большою и свѣтлою, потомъ убываетъ, какъ бы умирая, но не умираетъ, а въ двое сутокъ обходитъ горизонтъ съ востока на западъ и, уставъ отъ пути, появляется маленькою на западномъ небѣ. Солнце такъ разгнѣвалось на своего новаго соперника и такъ сильно опалило его, что до сихъ поръ у луны видны пятна на лицѣ. Хамелеонъ и его потомство населили землю, хвосты исчезли, и первоначальный блѣдный цвѣтъ кожи сталъ темнымъ подъ пылающими лучами солнца. И понынѣ небесныя сферы населены людьми съ хвостами; у этихъ людей много стадъ. Звѣзды суть стражи, которыхъ выставляетъ ночью великій чародѣй. Наконецъ, солнце населено исполинскими людьми. Когда разъ вечеромъ Эминъ-бей спросилъ объ имени ярко блестѣвшей въ небѣ Венеры, Ваніоро отвѣтили ему: „Возлюбленная луны".

У всѣхъ дикихъ народовъ на землѣ мы встрѣчаемъ культъ солнца и звѣздъ, съ которымъ тѣсно связаны вопросы и сказанія о сотвореніи міра, о смерти и судьбѣ человѣка послѣ смерти. Едва-ли можно представить себѣ что-нибудь болѣе интересное, чѣмъ прослѣдить, какъ отражается въ этихъ наивныхъ умахъ великая картина мірозданія, которую мы желаемъ нарисовать въ настоящей книгѣ въ томъ видѣ, какъ ее представляетъ современное человѣческое знаніе. Сказаніямъ двухъ народовъ можно еще отвести здѣсь мѣсто. О сѣвероамериканскихъ индѣйцахъ разсказываетъ Ратцель:

„Три стихіи: земля, вода и огонь выступаютъ рѣзкими основными чертами. Вода преобладаетъ, земля есть только островъ въ ней, небо и солнце существовали до воды и земли. Солнце приноситъ огонь на островъ-землю съ неба или съ позволенія неба. Еще яснѣе высказываются объ этомъ индѣйцы въ „миѳѣ сотворенія міра": отецъ живетъ въ зенитѣ, мать въ надирѣ, сынъ бѣжитъ по небу между обоими впередъ и назадъ. Однажды, странствуя такимъ образомъ, онъ замѣтилъ землю. Вернувшись къ отцу, онъ запѣлъ ему такъ: „о мой отецъ, зажги свой небесный огонь, потому что

на этомъ маленькомъ островѣ (землѣ) уже давно несчастны мои братья. Взгляни на нихъ, мой отецъ, сжалься надъ людьми!“ Пинартъ (Pinart) считаетъ основнымъ ученіемъ въ религіи алеутовъ почитаніе солнца и луны, которая изображается братомъ солнца, а солнце—сестрой луны. Они воспылали взаимною любовью, были разлучены и теперь ищутъ другъ друга. „Малина“ (солнце) преслѣдуется ея братомъ Аннингой и сдѣлала его лицо чернымъ, чтобы его опять узнать днемъ. Это--причина пятенъ на лунѣ, которая до сихъ поръ обращается вокругъ солнца, напрасно стараясь подойти къ нему поближе. Послѣ послѣдней четверти луна отправляется на саняхъ, запряженныхъ четырьмя большими собаками, на охоту за тюленями и возвращается упитанною. Многія звѣзды имѣютъ миѳологическое значеніе. Утренняя и вечерняя звѣзда свѣтитъ свѣдущему въ чародѣйствѣ Ноаиду,



Праздникъ новолунія въ Карагва, въ Центральной Африкѣ, по Гранту.

когда его душа отправляется въ подземный міръ. Кенаи видятъ (по Шифнеру, Schiefner) въ одной звѣздѣ Большой Медвѣдицы своего отца, Гренландцы называютъ Большую Медвѣдицу оленемъ; Плеяды для нихъ — медвѣдь, преслѣдуемый собаками; Близнецы суть грудныя кости неба, и поясъ Оріона — это охотники за тюленями, перенесенные на небо, когда заблудились на охотѣ. Эскимосы дѣлятъ небо на пять областей. Пять разъ умираетъ каждый человѣкъ и пять разъ рождается. Только тогда, когда въ пятый разъ оставляетъ онъ жизнь, онъ навсегда оставляетъ землю, умирая, и переходитъ къ другой жизни на солнцѣ, или на лунѣ, или въ сѣверномъ сіяніи“.

Изъ такихъ дѣтскихъ воззрѣній, какія мы находимъ нынѣ у этихъ дикихъ племенъ, развились, въ первобытныя времена, зародыши астрономической науки. Въ то время и даже до начала исторической древности



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ВИДЪ МѢСТНОСТИ ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНАГО ЗАТМЕНІЯ.

(По картинѣ В. Кранца.)

астрономія была тѣснѣйшимъ образомъ соединена съ религіей, бытомъ и церковью. Даже и теперь наша христіанская церковь не можетъ обойтись безъ помощи астрономіи, потому что, какъ извѣстно, главнѣйшіе церковные праздники, по древнѣйшему языческому обычаю, опредѣляются сообразно съ положеніями солнца и луны. Когда развилась постепенно идея о богѣ, о невидимомъ богѣ въ надзвѣздномъ пространствѣ, тогда небесныя свѣтила считались, по меньшей мѣрѣ, его исполнительными помощниками, его министрами. Тогда казалось не менѣе важнымъ слѣдить за поступками и движеніями этихъ великихъ силъ неба; особенно послѣ того, какъ съ ужасомъ замѣтили, что враждебные элементы преслѣдуютъ эти небесныя силы и угрожаютъ даже поглотить благодѣтелей человѣческаго рода. При солнечныхъ и лунныхъ затменіяхъ (см. приложенную цвѣтную таблицу) невидимое чудовище терзало священныя свѣтила; только молитвы и сильный шумъ могли отогнать чудовище. Къ этимъ средствамъ прибѣгали въ подобныхъ случаяхъ всѣ народы вплоть до эпохи цивилизаціи (см. рисунокъ на стр. 6). Свѣдущіе жрецы, находившіеся въ прямыхъ сношеніяхъ съ богами, научились изъ тысячелѣтнихъ наблюденій предсказывать эти страшныя событія. Этимъ они значительно возвысили свое значеніе въ народѣ, и потому эта умная каста все усерднѣе занималась астрономической наукой.

Уже за много тысячелѣтій до нашего времясчисленія предсказаніе затменій настолько подвинулось въ Китаѣ, что нарочно назначаемые для этой цѣли придворные астрономы подвергались наказанію, если такое событіе наступало безъ предсказанія. У египтянъ пирамиды были оріентированы точно по странамъ свѣта. Отверстіе, шедшее наклонно извнѣ внутрь, было такъ устроено, что тогдашняя полярная звѣзда (т. е., звѣзда, въ то время не измѣнявшая замѣтно своего мѣста въ теченіе суточнаго вращенія неба) постоянно освѣщала гробницу въ священной внутренности колоссальной постройки. И храмы греческой древности были такъ расположены, что въ опредѣленный праздничный день первые лучи восходящаго солнца освѣщали священнѣйшее мѣсто. Это направленіе измѣнилось вслѣдствіе извѣстныхъ медленныхъ движеній земной оси, такъ называемой прецессіи, о которой рѣчь будетъ впереди. Это измѣненіе въ теченіе тысячелѣтій мы можемъ снова вывести изъ положенія этихъ храмовъ; и археологія, какъ и многія другія науки, помогаютъ астрономіи.

Въ земледѣльческомъ Египтѣ, гдѣ ежегодно въ опредѣленное время года разливался Нилъ, удобряя поля, каждый сельскій житель прямо пользовался небомъ, какъ своимъ календаремъ. Наблюдая появленіе извѣстныхъ звѣздъ и созвѣздій надъ горизонтомъ, онъ опредѣлялъ соотвѣтственное положеніе солнца въ его видимомъ годичномъ пути по небесному своду. Каждое утро наблюдалъ онъ восточный горизонтъ и замѣчалъ время, когда извѣстная звѣзда вновь выходила изъ солнечныхъ лучей, въ которыхъ она скрыта въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, оставаясь въ это время на небѣ днемъ. Такой восходъ звѣздъ назывался геліакическимъ. Названія созвѣздій зодіака обязаны такимъ наблюденіямъ. По геліакическому восходу звѣздъ распредѣлялъ поселянинъ свои работы. Напримѣръ, если солнце вступало въ созвѣздіе Водолея, то была пора приготовиться къ приближающемуся разлитію Нила. Если солнце вступало въ созвѣздіе Рака, то это служило признакомъ, что солнце, какъ ракъ, будетъ пятиться назадъ, слѣдовательно оно достигло своего высшаго положенія въ небѣ. Когда солнце было въ созвѣздіи Вѣсовъ, тогда день былъ равенъ ночи;—начиналась осень, полевыя работы подходили къ концу, земледѣлецъ мѣрилъ и взвѣшивалъ плоды своей жатвы, чтобы ихъ продать. Извѣстно, что двѣнадцать знаковъ зодіака, которые первоначально приводились въ связь съ различными работами поселянина, уже болѣе не совпадаютъ со своими соотвѣтственными

созвѣздіями. И здѣсь прецессія, предвареніе равноденствій, значительно отодвинула созвѣздія въ теченіе тысячелѣтій. Изученіе древнихъ египетскихъ изображеній зодіака, высѣченныхъ на камняхъ вѣчныхъ памятниковъ, нынѣ служитъ къ тому, чтобы помочь открыть законы, управляющіе небесными тѣлами.

Отъ египтянъ переняли греки и римляне свои астрономическія знанія, но у этихъ народовъ астрономія не могла завоевать себѣ большую популярность. Непрерывное усовершенствованіе государственной организаціи, подъемъ религіозныхъ воззрѣній до абстрактной идеи Бога — все это дѣлало болѣе и болѣе излишнимъ для частныхъ лицъ прямое наблюденіе неба, особенно съ тѣхъ поръ, какъ были введены песочные и водяные часы для опредѣленія времени.

Греки, преимущественно, занимались внутреннимъ существомъ человѣка. Пока они были настолько счастливы, чтобы изъ собственнаго богатаго внутренняго міра черпать идеалы и выливать ихъ въ формы, до тѣхъ поръ они не чувствовали необходимости наблюдать внѣшній міръ. Единичные смѣлые мыслители того счастливаго времени, особенно Аристархъ, высказывали изумительно ясныя представленія объ устройствѣ вселенной. Но они не могли добиться всеобщаго ихъ признанія. Римлянамъ же нужно было покорить земной міръ; у нихъ не было времени заботиться о небесныхъ мірахъ. Умъ этого народа былъ слишкомъ поглощенъ политическими дѣлами.

Между тѣмъ арабы завоевали Александрію и вмѣстѣ съ другими сокровищами перенесли къ себѣ домой, въ Аравію, накопленныя тамъ научныя сокровища. Здѣсь мудрые правители этой страны завладѣли астрономическою наукой. Были устроены прекрасныя правительственныя обсерваторіи; въ такихъ обсерваторіяхъ самымъ усерднымъ образомъ слѣдили за движеніемъ небесныхъ тѣлъ и стремились открыть ихъ законы. Свѣтила небесныя уже не признавались божествами, но всетаки были еще окружены божественнымъ ореоломъ. Здѣсь, собственно, было заложено основаніе науки астрономіи. Вмѣстѣ съ тѣмъ она стала высшею изъ всѣхъ наукъ, вполнѣ достойною того, чтобы короли занимались ею.

Арабы занесли астрономію на западъ, и здѣсь преимущественно завладѣло ею духовенство. Хотя исчезла вѣра въ святость свѣтилъ, однако еще уцѣлѣло старинное убѣжденіе въ ихъ вліяніи на человѣческую судьбу. Все еще непроницаемая тайна небесныхъ явленій была въ рукахъ духовенства однимъ изъ самыхъ дѣйствительныхъ орудій, чтобы вліять на умы людей. Отсюда то и возникъ отвратительный наростъ астрологіи, который господствовалъ въ теченіе всѣхъ среднихъ вѣковъ. Къ сожалѣнію, безсмыслица, ложь, невѣжество всегда имѣютъ, по истинѣ, діавольскую власть надъ толпой или, по крайней мѣрѣ, имѣли въ тѣ темныя времена. Поэтому такое суевѣріе послужило къ непредвидѣнной популярности звѣздной науки. Въ средніе вѣка почти каждый отецъ заказывалъ гороскопъ для своего ребенка; ни одинъ полководецъ не начиналъ сраженія, не убѣдившись изъ наблюденій и вычисленій своего астролога въ томъ, что положеніе свѣтилъ благопріятствуетъ его предпріятію. Послѣдніе остатки астрологіи мы встрѣчаемъ еще нынѣ, на нашихъ ярмаркахъ, гдѣ по нашей „планетѣ“ намъ предсказываются нашъ характеръ и будущность. По этой необыкновенной живучести астрологіи мы можемъ судить, какимъ громаднымъ вліяніемъ обладала она нѣкогда.

Однако, какъ ни сомнителенъ былъ самъ по себѣ этотъ ложный путь, онъ оказался впослѣдствіи ступенью развитія, до нѣкоторой степени неизбѣжною очищающею болѣзнью. Извѣстно, что Кеплеръ заработывалъ свой скудный хлѣбъ, какъ астрологъ. Онъ стремился углубить астрологію въ философскомъ направленіи, и такимъ образомъ пришелъ, наконецъ, къ познанію тѣхъ великихъ законовъ, которые составляютъ нынѣ основаніе

величественнаго зданія современныхъ нашихъ астрономическихъ знаній. Кеплеръ самъ писалъ въ характерныхъ выраженіяхъ объ этой связи астрологіи съ астрономіей; „конечно, эта астрологія глупая дочка; но, Боже мой, куда бы дѣлась ея мать, высокомудрая астрономія, .еслибы у нея не было глупенькой дочки. Свѣтъ вѣдь еще гораздо глупѣе и такъ глупъ, что для пользы этой старой разумной матери глупая дочь должна болтать и лгать. И жалованье математиковъ (Mathematicorum salaria) такъ ничтожно, что мать навѣрное бы голодала, если бы дочь ничего не зарабатывала“.

Какъ же могло случиться, что какъ разъ со времени преобразованія астрономіи, когда наши знанія объ устройствѣ міровданія начали пріобрѣтать математическую достовѣрность, общій интересъ къ астрономіи несомнѣнно слабѣетъ? Со стыдомъ должны мы при этомъ случаѣ подтвердить истину: человѣчество перестаетъ интересоваться предметомъ, который потерялъ обаяніе чудеснаго и развѣнчанный дѣлается нашимъ достояніемъ. Вслѣдствіе этого занятіе астрономіей не могло уже лежать на душѣ духовенства. Мало того: вскорѣ, какъ извѣстно, обнаружилось рѣзкое противорѣчіе между католическою церковью и новыми астрономическими ученіями, въ особенности, съ того момента, когда Коперникъ удалилъ землю изъ центра вселенной и указалъ ей гораздо болѣе скромное мѣсто. Безъ сомнѣнія, самъ по себѣ, этотъ фактъ не заставилъ бы католическую церковь вмѣшаться; но слишкомъ могучій умъ Галилея раздулъ споръ и сдѣлалъ его публичнымъ. Благоразумное католическое духовенство нашло бы конечно другой менѣе трудный выходъ изъ дилеммы. Всемогущее въ то время католическое духовенство рѣшительнымъ образомъ высказалось противъ новаго ученія; понятно, поэтому что глубокій почетъ, которымъ пользовались прежде астрономы, смѣнился насмѣшкой и презрѣніемъ. Это выражалось въ памфлетахъ, фарсахъ на ярмаркахъ, короче, всякимъ путемъ. Популярность астрономіи кончилась.



Іоганнъ Кеплеръ (род. въ Вейлѣ, въ Швабіи въ 1551 г. ум. въ Регенсбургѣ въ 1630 г.) Съ гравюры фонъ Гейдена, воспроизведенной въ „Historisches Porträtwerk“.

Къ тому же школьное обученіе, которое какъ разъ начало вообще развиваться въ это время, исключительно находилось въ рукахъ католическаго духовенства. Оно, разумѣется, остерегалось включить въ учебную программу отрасль знанія, которая, по крайней мѣрѣ, въ его глазахъ, изъ могучаго сотрудника сдѣлалась злѣйшимъ врагомъ католичесой церкви. Теперь стали учить, что небесныя движенія приводятся къ простымъ законамъ, небесныя явленія можно напередъ опредѣлить, не прибѣгая ни къ какимъ неземнымъ силамъ; поэтому они перестали быть божественными знаменіями. Стало быть,у духовенства не было никакого основанія ими заниматься.

Рядомъ съ этимъ пренебреженіемъ къ астрономіи, росло благопріятное вліяніе на развитіе народныхъ воззрѣній на небесныя явленія вслѣдствіе сравнительно быстраго увяданія столь пышно разсцвѣтшей раньше вѣры въ астрологію. Правда, одинъ отростокъ ея остался — боязнь кометъ до сихъ поръ живетъ въ народѣ, но это суевѣріе получило иную форму и пріобрѣло, до нѣкоторой степени, научный характеръ. Всѣ подобныя идеи цѣпляются въ настоящее время за естественно-научныя представленія, иногда, правда, съ самымъ явнымъ невѣжествомъ; онѣ не связаны съ вѣрой въ воздѣйствіе непосредственнаго божественнаго вмѣшательства, какъ въ старину, когда появленіе кометы предвѣщало политическія смуты, возстанія, войны, смерть знаменитыхъ людей. Еще и теперь, послѣ того какъ школа давно освободилась отъ церкви, высокая наука о звѣздахъ страдаетъ отъ послѣдствій проклятія, которое бросило въ нее католичкое духовенство во времена Галилея. Однако, астрономія въ своемъ убѣжищѣ, за тихими стѣнами обсерваторій, могла вполнѣ очиститься отъ груды древнѣйшихъ предразсудковъ и въ нашъ вѣкъ естественныхъ наукъ предстать предъ человѣчествомъ чище, возвышеннѣе, чѣмъ прежде.

Нынѣ слѣдуетъ отмѣтить несомнѣнный подъемъ общаго интереса къ астрономіи. Именно, въ тѣхъ странахъ, которыя не слишкомъ подавлены политическими и соціальными заботами, астрономическая наука снова находится въ полномъ цвѣту. Новый Свѣтъ выгодно отличается въ этомъ отношеніи отъ прочихъ народовъ въ новѣйшее время. Частныя лица предоставляютъ милліоны для развитія астрономіи; величайшіе телескопы въ свѣтѣ, сооруженные на частныя средства, неутомимо изслѣдуютъ тамъ небесныя пространства. Когда, въ 1892 году, планета Марсъ особенно близко подошла къ землѣ, всѣ американскія газеты были наполнены извѣстіями о сдѣланныхъ при этомъ случаѣ наблюденіяхъ, совершенно такъ же, какъ будто бы дѣло шло о какомъ-нибудь замѣчательномъ политическомъ событіи. Какъ ни наивны кажутся часто подобныя старанія въ глазахъ спеціалистовъ, они показываютъ, однако, что умъ людей снова охваченъ величественными зрѣлищами на небѣ. И прекрасный успѣхъ Ураніи въ Берлинѣ также несомнѣнно свидѣтельствуетъ о могучемъ ростѣ интереса къ астрономіи.

Какимъ же новымъ точкамъ зрѣнія надо приписать этотъ счастливый поворотъ? Прежде всего, безъ сомнѣнія, крупнымъ успѣхамъ, сдѣланнымъ въ послѣднія два десятилѣтія астрофизикой, наукой о природѣ другихъ міровъ. Съ первыхъ зачатковъ астрономическихъ наблюденій до эпохи ихъ преобразованія, въ началѣ XVII вѣка, можно было только слѣдить за движеніями небесныхъ тѣлъ; всякое изслѣдованіе ихъ природы было невозможно. Научно заниматься такими вопросами стало возможнымъ лишь съ того времени, какъ первая труба, въ 1610 году, была направлена на небо рукой Галилея. Но еще долгое время спустя, даже до средины нашего столѣтія, астрономію односторонне опредѣляли, какъ науку, имѣющую предметомъ изслѣдованіе движеній свѣтилъ и открытіе ихъ законовъ. Даже Бессель, величайшій наблюдатель первой половины нашего вѣка, считалъ, что заниматься вопросомъ о томъ, что значатъ оттѣнки на поверхности луны, это интересная игрушка для любителей, но отнюдь не для астрономовъ-спеціалистовъ. Эта односторонность, правда, способствовала къ углубленію въ спеціальный предметъ, но зато значительно вредила популярности нашей возвышенной науки, потому что любитель только съ крайнимъ трудомъ можетъ оріентироваться въ послѣдовательности мыслей, ведущихъ къ опредѣленію законовъ небесныхъ движеній. Астрономія все еще оставалась тайною наукой, избѣгавшей всякаго соприкосновенія съ внѣшнимъ міромъ. Ея ученики сдѣлали своею строгою замкнутостью великую, трудно поправимую, ошибку. Всѣ тѣ воспитательныя и этическія вліянія, которыя

не исходятъ такъ мощно ни изъ какой другой науки, какъ изъ познанія вѣчной непоколебимой гармоніи міроздапія, боязливо оберегались съ эгоистическою одностороннею любовью; они опять замкнулись въ стѣнахъ обсерваторій, какъ прежде въ душныхъ монастыряхъ.

Съ тѣхъ поръ, однако, астрофизика дала намъ высоко интересныя свѣдѣнія объ устройствѣ поверхности небесныхъ тѣлъ; съ тѣхъ поръ мы знаемъ, что существуютъ сосѣдніе міры, которыхъ видъ и жизненныя условія, безъ сомнѣнія, подобны нашимъ земнымъ. Мы можемъ предположить на нихъ родственныя намъ существа, чьи мысли, быть можетъ, такъ же пронизываютъ небеса, какъ и наши, чтобы по звѣздамъ раскрыть великую тайну міра; всѣ эпохи, всѣ народы, каждый по своему, пытались это сдѣлать. Съ этого времени въ глубинѣ нашей души снова затрогиваются человѣческія струны, когда вооруженные удивительными вспомогательными средствами нашего знанія мы смотримъ на эти свѣтящіеся родственные міры.

„Бываютъ въ жизни“, говоритъ Камиллъ Фламмаріонъ въ своемъ большомъ сочиненіи о планетѣ Марсѣ, „очаровательные часы, драгоцѣнныя радости, моменты небеснаго блаженства, несказанные восторги. Между этими чудесными часами только немного такихъ, которые вливаютъ въ нашу душу болѣе полное удовлетвореніе, которые трогаютъ насъ болѣе высокимъ и благороднымъ образомъ, чѣмъ наблюданія поверхности планеты Марса въ ясную лѣтнюю ночь. По истинѣ, стоитъ пожалѣть, что такъ мало людей испытали это впечатлѣніе. Видѣть предъ собою цѣлый міръ, иной міръ съ его материками, морями, берегами, заливами, мысами, островами, устьями рѣкъ, ослѣпительными снѣжными областями, ландшафтами, позлащенными солнцемъ, темными водами, видѣть все это такъ, какъ оно стоитъ предъ нашими глазами; видѣть въ телескопъ, какъ этотъ міръ вращается медленно около самого себя, смѣняя день на ночь для различныхъ мѣстностей, зиму на весну, весну на лѣто, видѣть уменьшенное изображеніе нашей земли въ далекомъ небесномъ пространствѣ,—такое наблюденіе возноситъ насъ къ самымъ глубокимъ тайнамъ природы, къ вопросу о всеобщей, вѣчной жизни; оно ставитъ насъ лицомъ къ лицу съ вопросами о послѣдней истинѣ, съ мыслями о мірозданіи. Земля становится лишь одною областью вселенной, и наше воображеніе населяетъ другія отечества въ безконечности неизвѣстными братьями“.

Мы скоро узнаемъ, что болѣе глубокое воспитательное и этическое значеніе астрономическихъ занятій, которое должно дѣйствовать на всѣ человѣческія побужденія и поступки очищающимъ, совершенствующимъ образомъ, зависитъ не отъ такого простого наблюденія свѣтилъ и связанныхъ съ нимъ чарующихъ мечтаній. Нѣтъ, только при болѣе глубокомъ проникновеніи въ непоколебимую закономѣрность небесныхъ явленій можно достигнуть этого нравственнаго вліянія астрономіи. Но эти человѣческія ощущенія трогаютъ душу, открываютъ умственныя очи, побуждаютъ умъ къ болѣе глубокому проникновенію; только чрезъ врата сердца, чрезъ любовь къ дѣлу можетъ входить все знаніе, которое не навязываетъ намъ борьба за существованіе подъ угрозой жестокихъ страданій.

Воспитательную сторону астрономической науки въ частности и вообще близкаго знакомства съ природой никто не сумѣлъ очертить такъ мѣтко и убѣдительно, какъ великій педагогъ Адольфъ Дистервегъ. Мы не можемъ лучше сдѣлать, какъ привести тутъ его золотыя слова:

„Лицо человѣка обращено не къ землѣ, но вверхъ. Его взоръ уже въ ранней юности падаетъ на небо, и древнѣйшіе дикари знали общія небесныя явленія. Они показываютъ вѣчную смѣну, вѣчную прочность, неизмѣняемые всеобщіе законы. Ихъ познать, этого требуетъ достоинство человѣка. Наука, занимающаяся небомъ, самая возвышенная въ пространствѣ. Истинное естествознаніе или познаніе природы есть познаніе явленій, ихъ причинъ и ихъ закономѣрнаго теченія.

Какъ всякое объективное знаніе, чуждое субъективныхъ мнѣній или предположеній, дѣлаетъ умъ твердымъ и надежнымъ и даетъ ему прочное содержаніе, такъ же точно и знаніе общихъ явленій и ихъ законовъ. Оно возвышаетъ человѣка надъ земными случайностями жизни, надъ преходящимъ и суетнымъ, что пройдетъ, какъ морская волна, и чьихъ законовъ мы по большей части не знаемъ.

Поэтому во всѣ времена спокойные умы чувствовали особую склонность къ познанію звѣзднаго неба. Въ особенной мѣрѣ эта склонность свойственна вдумчивымъ дѣтямъ. Интересъ къ этому познанію всеобщій. Гдѣ мы не находимъ такого интереса, тамъ его больше нѣтъ; онъ былъ тамъ, онъ соотвѣтствуетъ природѣ, слѣдовательно его легко возбуждать. Только совершенно занятый житейскими заботами, совершенно задавленный земными тягостями или вполнѣ отдавшійся страстямъ человѣкъ невоспріимчивъ къ такому чистому и облагораживающему знанію. Но, какъ учитъ опытъ, самыя несчастныя существа, дѣти измученныя фабричною работой, рады послушать въ поздніе вечерніе часы что-нибудь о солнцѣ, лунѣ и звѣздахъ, послѣ того какъ усталое тѣло немножко отдохнуло и подкрѣпилось... Астрономія расширяетъ кругозоръ человѣка и возвышаетъ его надъ узкими мѣстными представленіями и взглядами. Что каждый начинаетъ свое міровоззрѣніе съ своей точки зрѣнія, это не нуждается ни въ какомъ оправданіи, это разумѣется само собой, это не можетъ и не должно быть иначе. Кто, однако, на этомъ и останавливается, кто никогда не узнаетъ, каковъ міръ съ другихъ точекъ зрѣнія, кто не въ состояніи стать на другую точку зрѣнія, не въ состояніи подняться до общихъ, всемірныхъ, присущихъ всему человѣчеству взглядовъ, тотъ дѣйствительно на самомъ дѣлѣ прикрѣпленный къ землѣ (glebae adscriptus), ограниченный человѣкъ. Астрономія — лучшее средство возвыситься до широкаго міровоззрѣнія. Дѣятельность человѣка становится свободнѣе, когда домъ увеличивается, и мелочность взглядовъ исчезаетъ, когда пространства растутъ. Чтобы чувствовать себя дѣйствительно дома, нужно быть гражданиномъ міра. Чтобы понять земную жизнь, нужно войти въ небесныя пространства и ихъ охватить. Я не могу назвать другой науки, которая въ одинаковой мѣрѣ возвышала и успокоивала человѣка. Въ самомъ дѣлѣ, въ волненіи и борьбѣ современной жизни, человѣкъ, переходя отъ этихъ конфликтовъ къ астрономіи, вполнѣ искренне и глубоко чувствуетъ ея примиряющую, облагораживающую силу. Въ ней нѣтъ никакой вражды, нѣтъ никакой ненависти. Она искореняетъ терзающихъ душу демоновъ. По истинѣ, это наука благородная, возвышенная, потому что возвышаетъ насъ. Какъ могло быть иначе: вѣдь ея законы и правила указываютъ не на человѣческое дѣло, но на Творца вселенной! Поэтому она должна быть открыта каждому человѣку.

Астрономія, какъ всѣ науки, особенно естественныя, принадлежитъ къ наукамъ, идущимъ впередъ (прогрессивнымъ). Ея объемъ расширяется, ея опредѣленія дѣлаются постоянно точнѣе, знаніе астрономіи пріобрѣтаетъ болѣе значенія. Изъ всѣхъ наукъ естественныя науки наиболѣе быстро идутъ впередъ. Ни одинъ человѣкъ, заявляющій притязаніе на образованность, не можетъ оставить ихъ въ сторонѣ. Знакомство съ ними имѣетъ поэтому для учителя большое значеніе. Астрономія, какъ естественная наука, ставитъ занимающагося ею лицомъ къ лицу съ природой. Только при такой точкѣ зрѣнія возможенъ здравый и истинный взглядъ на вещи. Только такая точка зрѣнія вводитъ насъ непосредственно въ настоящее и позволяетъ правильно оцѣнить прошедшее по стольку, по скольку она открыла истинъ и пошла по вѣрному пути къ культурѣ. Здравый, готовый къ творчеству человѣкъ судитъ о настоящемъ не по прошедшему, но прошедшее судитъ по настоящему. Настоящее стоитъ на плечахъ прошедшаго, опередило его. Несовершенное измѣряется болѣе совершеннымъ. Неесте-

ственныя, странныя, превратныя системы и направленія узнаются и устраняются вслѣдствіе своей противоестественности, какъ относительно внѣшней природы, такъ и внутренней; каррикатура признается, какъ таковая, по отношенію къ самой природѣ. Поэтому для возвращенія къ естественнымъ отношеніямъ, состояніямъ, взглядамъ и понятіямъ изученіе природы имѣетъ высокое значеніе.

Это естественное слѣдствіе изученія природы я цѣню выше, чѣмъ непосредственное ея знаніе. Это слѣдствіе у человѣка послѣдовательнаго отражается на всемъ его мышленіи, на всей его дѣятельности, на всемъ вообще его міровоззрѣніи. Естественную правду нельзя замолчать. Всѣ прочія истины поэтому находятъ себѣ провѣрку въ разъ признанной естественной истинѣ. Только при непосредственномъ общеніи съ природой выздоравливаетъ человѣкъ, сбрасываетъ съ себя иго сумасбродныхъ, сверхъестественныхъ и противоестественныхъ представленій и грезъ. Безъ образованія и опыта, полученныхъ отъ самой природы, всѣ люди подчиняются суевѣрію; власть суевѣрія основана на невѣжествѣ и тупости людей.

Все, что противорѣчитъ естественной правдѣ, ложно, какъ и все, что не гармонируетъ съ природой, не согласно съ нею и ей противоположно. Все въ природѣ находится въ совершенномъ единеніи и гармоніи. Поэтому тотъ, кто въ человѣческихъ отношеніяхъ стремится достигнуть такой же цѣли, долженъ обратиться къ природѣ! Насколько важно это обстоятельство, можно оцѣнить по свойствамъ характера тѣхъ людей, которые преимущественно находятся подъ прямымъ вліяніемъ природы, а также и по тѣмъ людямъ, которые удаляются отъ вліяній природы и боятся этихъ вліяній на свои системы, открытія и направленія. Это послѣднее явленіе содержитъ отрицательный импульсъ, первое же—положительный импульсъ къ изученію природы. Предъ лицомъ природы не устоитъ никакая искусственная ткань, и суевѣрныя мнѣнія исчезаютъ предъ нею, какъ совы предъ солнцемъ. Въ естественныхъ наукахъ лежитъ естественное противодѣйствіе всякимъ попыткамъ реакціи, системамъ и планамъ мрака. Всякое истинное просвѣщеніе есть плодъ истиннаго познанія природы и здороваго развитія собственныхъ природныхъ свойствъ человѣка. Ограниченные люди ненавидятъ природу—поучительное указаніе для каждаго, кто не разучился довѣряться внѣшней и внутренней природѣ. Мы живемъ, работаемъ и существуемъ въ природѣ, она объемлетъ человѣка; устранить природу значитъ уничтожить его собственное существованіе; только одною природой и держится все его существованіе. Оторвать человѣка отъ природы—все равно, что удалить глазъ отъ свѣта, легкія отъ воздуха и сдѣлать ихъ самостоятельными существами. Удержать человѣка отъ познанія и испытанія природы значитъ закрыть ему источникъ прямой истины и лишить его цѣлебнаго средства противъ всякихъ видовъ странности и неестественности. Къ такимъ странностямъ принадлежатъ также религіозныя сомнѣнія, вызываемыя тѣмъ или другимъ научнымъ открытіемъ, т. е. истиной въ природѣ. Астрономы не заботятся объ этомъ. Да, въ общихъ законахъ природныхъ явленій они видятъ доказательство дѣятельности Творца...

Астрономическія воззрѣнія дѣйствуютъ сами по себѣ. Но сознаюсь, я бы желалъ, чтобы мыслящій читатель не остановился на нихъ въ строгомъ смыслѣ слова, но вполнѣ ихъ усвоилъ и переварилъ, чтобы всѣ остальныя мысли и убѣжденія, приходящія къ нему изъ другихъ областей, онъ сопоставлялъ съ этими астрономическими знаніями и взглядами, сравнивалъ, обсуждалъ, согласуются ли съ ними или нѣтъ. Уединенныя знанія приносятъ мало плодовъ. Все въ умѣ должно согласоваться другъ съ другомъ. Въ этомъ смыслѣ изученіе природы, познаніе великихъ неизмѣняемыхъ законовъ имѣетъ для образованія ума глубокія, далеко идущія послѣдствія. Астрономія просвѣщаетъ и очищаетъ“.

Этическому, облагораживающему вліянію астрономическаго знанія должно приписать тотъ фактъ, что немалое число благодѣтелей человѣчества вышло изъ среды астрономовъ, хотя эти прекрасныя занятія ихъ досуга только рѣдко дѣлаются всѣмъ извѣстны. Въ наше время Вильгельмъ Ферстеръ, директоръ королевской обсерваторіи въ Берлинѣ, особенно выдвинулъ въ многочисленныхъ своихъ статьяхъ и рѣчахъ значеніе астрономическихъ и вообще естественнонаучныхъ занятій для воспитанія стремленія къ точности въ мышленіи и поступкахъ. Дѣйствительно, не подлежитъ сомнѣнію,что большую часть политическихъ и общественныхъ смутъ и скорбей, которыя намъ приноситъ повседневная жизнь, можно свести на неточность нашего собственнаго сужденія или сужденія нашихъ ближнихъ.

Вліяніе такого воспитанія духа точности глубоко; можно даже прямо утверждать, что при нашей современной возрастающей сложности житейскихъ отношеній необходимы методъ изслѣдованія, способность и привычка къ болѣе методическому изслѣдованію, чѣмъ прежде. Такое методическое изслѣдованіе свело бы на минимумъ возможность личныхъ ошибокъ единичнаго человѣка, и къ такому изслѣдованію надо приступать ранѣе, чѣмъ принять то или другое рѣшеніе, которое можетъ роковымъ образомъ сказаться въ судьбѣ человѣка. Во многихъ случаяхъ это легко доказать самымъ яснымъ образомъ. Такъ авторъ показалъ въ другомъ мѣстѣ, какъ необходимо и полезно было бы для медика и юриста поучиться у астронома совершенно механическому и безпристрастному способу исключать изъ большаго числа отдѣльныхъ наблюденій случайныя ошибки и выводить общій законъ изъ запутаннѣйшихъявленій. Точно также крупное административное или законодательное учрежденіе уже давно не должно было дѣйствовать безъ помощи этого метода выработки законовъ, а между тѣмъ этотъ методъ введенъ по сіе время въ однихъ только статистическихъ органахъ. Какъ много несправедливостей, несказанныхъ горестей можно было бы тогда избѣгнуть!

Съ другой стороны, чтобы быть справедливыми и точными, мы должны упомянуть, что въ настоящее время астрономія не есть единственная наука, возбуждающая и развивающая любовь къ точности. Съ полнымъ правомъ говоритъ Фолькманъ: особое положеніе, которое занимала астрономія долгое время, и которое между прочимъ доставило ей имя „царицы наукъ“, уже отошло въ прошлое. На астрономическихъ методахъ и измѣреніяхъ съ существенною помощью астрономовъ воспиталась и мощно развилась младшая сестра — физика. Благодаря своимъ болѣе доступнымъ и осязаемымъ объектамъ, физика не преминула достичь въ своихъ измѣреніяхъ гораздо большей точности, чѣмъ возможно въ какой бы то ни было иной наукѣ...

Вездѣ въ жизни нуждаемся мы въ мѣрѣ, какъ въ нашихъ отношеніяхъ къ внѣшнему міру, такъ и къ нашимъ ближнимъ. Ежедневно въ нашей занятой и кипучей жизни мы должны становиться въ то или другое положеніе относительно людей и вещей, болѣе или менѣе близкихъ намъ. Къ истинному счастью человѣка относится въ значительной степени мѣра, которую мы прикладываемъ къ нашему собственному я, къ нашимъ собственнымъ способностямъ, для сравненія съ другими людьми.

Духовныя науки, которымъ по чисто человѣческимъ точкамъ зрѣнія придается верховное значеніе въ вопросахъ образованія, легко обходятся безъ масштаба. Онѣ подвергаются опасности свысока смотрѣть на „пошлую дѣйствительность“ и потерять съ нею связь. Естественныя науки имѣютъ за собой преимущество метода — никогда не упускать изъ вида масштабъ, благодаря постоянному контролю между мыслью и дѣломъ.

Это не случайно, но лежитъ въ существѣ дѣла, что между естественными науками одна дисциплина въ особенности призвана выработать понятія мѣры и точности. Эта наука — физика имѣетъ право поэтому на исключительное мѣсто въ ряду другихъ наукъ“.

Извѣстно, что астрономія еще совсѣмъ не такъ давно считалась только частью физики. Только тогда, когда она послѣ своего возрожденія мощно развилась, она отвоевала себѣ постепенно титулъ особой науки. Отсюда ясно вытекаетъ близкое родство обѣихъ отраслей знанія. Въ дальнѣйшемъ у насъ часто будетъ случай пользоваться этою внутреннею связью. При болѣе близкомъ знакомствѣ съ физикой, она навѣрное будетъ имѣть то же воспитательное значеніе, какъ наука о небѣ. Но послѣдняя будетъ всегда имѣть на своей сторонѣ большія преимущества возвышенности своихъ объектовъ, таинственности, окружающей все внѣземное. Правда, это преимущество существуетъ только для вступающаго въ науку; посвященный же въ нее откроетъ во всѣхъ областяхъ знанія достаточно возвышеннаго, великаго, таинственнаго. Здѣсь же, вступая въ міръ звѣздъ, мы приносимъ съ собой благоговѣйное настроеніе, влеченіе къ лучшему познанію, — наслѣдственный даръ тысячелѣтій. Эта почти стихійная притягательная сила которую проявляютъ небесныя тѣла и явленія на наши умъ и душу, придаетъ ихъ изученію большее педагогическое значеніе въ сравненіи съ другими естественными науками.

Это убѣжденіе въ воспитательномъ и этическомъ значеніи астрономіи мало-по-малу еще въ смутной формѣ пробиваетъ нынѣ себѣ дорогу. Благодаря ему, астрономія вновь становится народною наукой. Наконецъ то стараются загладить крупную несправедливость, испытанную нѣкогда благороднѣйшею и чистѣйшею изъ всѣхъ наукъ. Но правительства все еще, болѣе по старой привычкѣ, чѣмъ по убѣжденію, относятся къ астрономіи, какъ мачеха къ падчерицѣ. Поэтому частная инициатива взяла въ свои руки развитіе астрономіи.

Эти предварительныя замѣчанія показываютъ, что изученіе явленій вѣчнаго неба всегда умѣли самымъ полнымъ образомъ трогать самыя скрытыя и глубокія струны нашей души. И оно принимало непрерывное и дѣятельное участіе въ духовномъ развитіи человѣчества. Правда, роль этого участія значительно измѣнялась съ духомъ времени. Въ смутныя эпохи неустанной борьбы за новыя жизненныя условія, когда матеріальныя заботы, политическія волненія смиряли благороднѣйшіе порывы души, приковывали духъ къ землѣ, тогда конечно священный огонь погасалъ на короткое время, но никогда не угасалъ совершенно. И нынѣ, когда вѣсть о вѣчной гармоніи небесныхъ явленій возродилась изъ таинственнаго мрака средневѣковаго суевѣрія въ болѣе прекрасной и совершенной формѣ, чѣмъ когда либо, нынѣ она становится воспитателемъ и внѣземнымъ руководителемъ человѣчества въ его самыхъ общихъ и внутреннихъ порывахъ.

Если изученіе далекихъ міровъ, лежащихъ за тѣсными предѣлами нашей земли, не должно удовлетворять легко возбуждающемуся и такъ же быстро гаснущему любопытству, если это изученіе должно сдѣлать больше, чѣмъ утолить благородную жажду знанія, для котораго земля становится уже слишкомъ мала, если мы требуемъ отъ него того общаго облагораживающаго вліянія, о которомъ мы говорили выше, — то мы не должны только описывать и представлять, что видѣли и думали другіе астрономы о небесныхъ свѣтилахъ; нѣтъ, мы должны сами видѣть, должны сами учиться думать. Мы не желаемъ и не должны вѣрить другимъ и повторять ихъ, мы должны сами убѣдиться. Не таинственная прелесть недосягаемаго, исходящая отъ матеріальной величины небесныхъ предметовъ, должна отуманить нашъ умъ, когда мы углубимся въ движенія тѣхъ тяготѣющихъ міровъ, нѣтъ, напротивъ, мы желаемъ, устремляясь съ болѣе и болѣе возрастающимъ одушевленіемъ къ сіяющему свѣту познанія общей закономѣрности мірозданія, восхищаться величественнымъ порядкомъ стройнаго цѣлаго. Тогда порядокъ и гармонія, отражаясь отъ этого познанія, болѣе и болѣе проникнутъ всѣ наши дѣла и поступки. Не результаты изслѣдо-

ванія, но методы его должны мы поставить на первомъ планѣ нашего изложенія.

Въ особенности необходимо это относительно безконечно удаленныхъ объектовъ нашей науки. Наивный человѣческій умъ съ большимъ трудомъ разстается съ мыслью, что недосягаемая отдаленность свѣтилъ должна представлять непреодолимое препятствіе для абсолютнаго знанія; любопытныя вещи, которыя мы разсказываемъ о звѣздахъ, должны быть болѣе или менѣе нашими мнѣніями и спекуляціями. Мы должны поэтому точно выдѣлить, что изъ нашихъ результатовъ изслѣдованія принадлежитъ этому роду познанія, и что на самомъ дѣлѣ мы неопровержимо знаемъ разъ навсегда съ достовѣрностью чисто логическихъ выводовъ. Мы скоро узнаемъ при этомъ, что какъ разъ наука о недосягаемыхъ звѣздахъ содержитъ больше абсолютнаго знанія, чѣмъ всякая другая область знанія, имѣющая дѣло съ ближайшими къ намъ вещами. Пожалуй, только родственная съ астрономіей физика можетъ теперь помѣряться съ нею, что касается сокровищъ абсолютно признанныхъ истинъ.

Конечно, большая часть неастрономовъ считаютъ слишкомъ труднымъ дѣломъ слѣдить за ходомъ мыслей, смѣло покидающихъ надежную почву земли. У многихъ уже кружится голова при одномъ взглядѣ на тѣ результаты. Если же при томъ слѣдить и за доказательствами этихъ результатовъ, то дѣло покажется еще труднѣе. Крайне важно сразу разрушить это предубѣжденіе. Нѣтъ ничего легче на самомъ дѣлѣ, какъ слѣдить за цѣпью логическихъ заключеній, ведущихъ насъ вверхъ къ свѣтиламъ. Эта цѣпь — надежный руководитель, съ которымъ мы не заблудимся на дорогѣ, если только мы учились мыслить. Съ помощью нѣсколькихъ немногихъ правилъ, законовъ можно слѣдить и объяснить всѣ движенія небесныхъ тѣлъ; а въ большей части другихъ наукъ надо воспринять по истинѣ чудовищную массу матеріала, который не такъ легко логически связать другъ съ другомъ. Почти всегда наибольшее затрудненіе доставляютъ человѣку, не посвященному въ науку, отдѣльныя свѣдѣнія, не связанныя въ цѣльную систему. Любитель науки не можетъ и не хочетъ цѣликомъ отдаваться изученію даннаго предмета; это значитъ, онъ не въ состояніи выучить наизусть многочисленныя отдѣльныя научныя данныя, а потому доказательства и выводы, основанные на этихъ то данныхъ, доставятъ ему впослѣдствіи тѣмъ больше, затрудненій, чѣмъ больше пробѣловъ въ его запасѣ знаній. Нашу же астрономическую науку можно такъ изложить, что она разовьется въ нашемъ умѣ, пуститъ корни и дастъ побѣги и ростки, однимъ словомъ, органически сольется съ нами. Тогда не будетъ никакого вреда въ томъ, что изъ отдѣльныхъ вѣтвей великаго древа знанія, изъ милліоновъ листьевъ на концахъ его вѣтвей многое останется неизвѣстнымъ или многое позабудется. Стволъ же на всегда останется въ нашемъ познаніи.

Величина и недосягаемая отдаленность небесныхъ тѣлъ перестанутъ служить для насъ препятствіемъ, потому что мы научимся вскорѣ понимать ихъ относительно. Тогда для насъ уже не будетъ ничего большого, ничего малаго, по крайней мѣрѣ, въ томъ смыслѣ, что все выходящее изъ человѣческой мѣрки по этому самому достойно нашего удивленія. Вѣдь мы удивляемся недоступно малымъ вещамъ и существамъ только тогда, когда открываемъ въ нихъ столь же прекрасный организмъ, столь же гармоническую правильность, какъ въ непосредственно доступной намъ природѣ. Въ этомъ смыслѣ и разумно наше восхищеніе предъ величиной вселенной.

---

2. Свѣтъ и телескопъ.

Первый шагъ съ земли, конечно, будетъ самымъ труднымъ. Мы не можемъ довѣриться нашему мышленію, которое легко можетъ занестись туда вверхъ. Если мы захотимъ перекинуть надежный мостъ, который служилъ бы вещественною опорой нашимъ шагамъ на этомъ далекомъ пути, то основаніе этого моста должно покоиться возможно прочнѣе на знакомой намъ землѣ. Это земное основаніе и образуютъ астрономическіе инструменты и способы наблюденій. Съ ними прежде всего нужно намъ познакомиться, чтобы пріобрѣсти необходимое чувство увѣренности. Это чувство не должно никогда покидать насъ, чтобы у насъ не закружилась голова на тѣхъ возвышенныхъ точкахъ, куда насъ поведетъ путь.

Единственную прямую связь, соединяющую насъ со свѣтилами, даетъ намъ свѣтъ. Слѣдовательно, посредствомъ свѣтоваго луча должны мы строить свой мостъ. Неосязаемымъ и ненадежнымъ кажется въ первый моментъ съ непостижимою быстротою несущееся ничто, которое мы называемъ свѣтомъ. Однако въ настоящее время не подлежитъ никакому сомнѣнію, что свѣтъ представляетъ дѣйствительную, вещественную связь со свѣтящимися тѣлами, стало быть, въ нашемъ случаѣ съ небесными свѣтилами. Правда, эту связь надо себѣ представлять теперь иначе, чѣмъ думали до Ньютона и при Ньютонѣ: будто отъ свѣтящагося тѣла дѣйствительно отдѣляются матеріальныя частицы и, какъ безконечно малыя, а потому съ непостижимою быстротою движущіяся ядра, достигаютъ нашего глаза по кратчайшему пути — прямой линіи. Нѣтъ, свѣтящееся тѣло сообщаетъ колебанія атомамъ эфира, наполняющаго вселенную; эти колебанія механически передаются ближайшимъ атомамъ; первый же атомъ эфира возвращается въ состояніе равновѣсія или снова получаетъ такой же толчекъ, если свѣтящееся тѣло продолжаетъ свѣтить тѣмъ же порядкомъ, Атомы эфира, подъ которыми можно представить себѣ какія угодно, только достаточно малыя матеріальныя тѣла, качаются около положенія равновѣсія. если не получили со стороны поступательнаго движенія. Послѣдній колеблющійся атомъ, поражающій колбочки нашей сѣтчатки и возбуждающій этимъ нервное раздраженіе, называемое свѣтовымъ ощущеніемъ, обладалъ движеніемъ, которое было свойственно также, въ соотвѣтственно уменьшенной мѣрѣ, тому свѣтящемуся тѣлу, отъ котораго произошли всѣ послѣдовательныя движенія. Нашъ глазъ изслѣдуетъ это движеніе. Онъ узнаетъ напряженность свѣта, т. е., много ли атомовъ одновременно поражаютъ сѣтчатку по одному и тому же направленію. Глазъ нашъ опредѣляетъ далѣе цвѣтъ свѣтящагося тѣла, т. е., скорость движенія атомовъ. Физика показываетъ намъ, что фіолетовый свѣтъ представляетъ самыя быстрыя колебанія атомовъ, между тѣмъ какъ красный свѣтъ обнаруживается въ нашемъ глазѣ самыми медленными колебаніями атомовъ. Такимъ образомъ мы узнаемъ, что глазъ есть превосходнѣйшій и важнѣйшій инструментъ астронома, чрезъ врата котораго приходитъ къ намъ все наше знаніе о мірозданіи. Въ помощь глазу, анализирующему свѣтъ, былъ изобрѣтенъ телескопъ. Главнѣйшая цѣль телескопа заключается въ томъ, чтобы уловить и доставить въ нашъ глазъ возможно большее число этихъ гонцовъ вселенной, этихъ атомовъ, колеблющихся и вызывающихъ въ нашемъ органѣ зрѣнія свѣтовое ощущеніе. Поэтому форма телескопа — воронка не случайная; онъ дѣйствительно родъ воронки для свѣта, воронки, которая у своего узкаго конца вводитъ въ узкое отверстіе нашего зрачка всѣ свѣтовыя колебанія, дошедшія до объектива. Легко понять, что такое увеличеніе свѣтовыхъ впечатлѣній имѣетъ величайшую важность для нашихъ цѣлей. Нервное раздраженіе только тогда даетъ ощущеніе свѣта, когда извѣстное минимальное число ударовъ атомовъ поражаетъ одну и ту же колбочку нашей сѣтчатки.

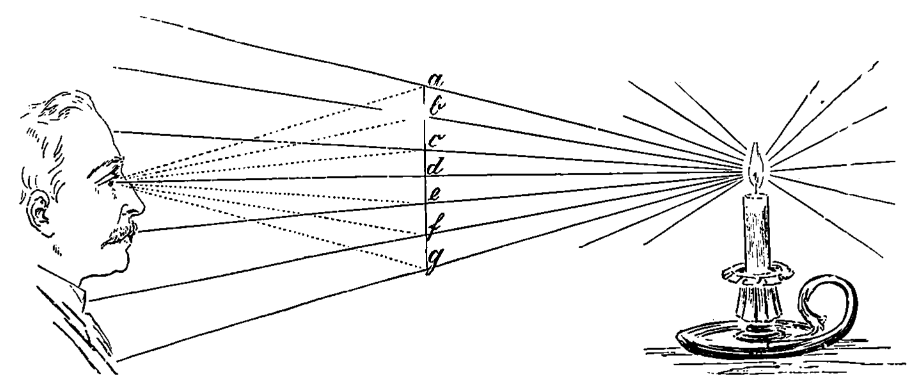
Если посредствомъ телескопа намъ удается поймать большее число колеблющихся атомовъ, чѣмъ это въ состояніи сдѣлать глазъ при обыкновенныхъ условіяхъ, то тѣмъ сильнѣе станутъ свѣтовыя впечатлѣнія, тѣмъ надежнѣе свѣтовыя вѣсти, и тѣмъ легче прочесть свѣтовую телеграмму. Какъ же увеличиваетъ телескопъ эти удары атомовъ? Чтобы отвѣтить на такой вопросъ, намъ нѣтъ надобности обращаться къ небу. Мы можемъ обратиться къ какому-нибудь земному источнику свѣта, легко поддающемуся нашей провѣркѣ, чтобы изслѣдовать и испытать свойства телескопа. Такимъ образомъ мы вступаемъ въ область физики, къ чему астрономъ часто бываетъ вынужденъ.

Физика учитъ насъ, что свѣтовыя колебанія распространяются совершенно подобнымъ образомъ, какъ волны, происходящія на поверхности воды, если бросить туда камень. Послѣдній увлекаетъ съ собой внизъ водяныя частицы, которыя послѣ того должны опять подняться. Вслѣдствіе этого получаются колебанія вверхъ и внизъ, которыя передаются окружающимъ частицамъ. Волны образуются отъ того, что, при распространеніи колебательнаго движенія отъ центра фазы движенія должны быть различны въ одно и то же время. Такимъ образомъ образуются движущіяся, повидимому поступательно, кольца, которыя дѣлаются все ниже и ниже, чѣмъ дальше отходятъ отъ центра. Легко опредѣлить, въ какомъ отношеніи къ разстоянію находится это уменьшеніе высоты волнъ. Однократное дѣйствіе въ центрѣ при ударѣ камня распространяется равномѣрно по всѣмъ направленіямъ; поэтому сумма водяныхъ частицъ, образующихъ волны, должна быть одинакова на всякомъ разстояніи. Поверхность же, по которой должна распредѣлиться эта одинаковая сумма, возрастаетъ пропорціонально квадрату разстоянія отъ центра; слѣдовательно, въ томъ же отношеніи должна убывать высота волны, если число водяныхъ частицъ во всемъ кольцѣ должно быть одинаково съ ихъ числомъ во всѣхъ меньшихъ кольцахъ, которыя оно охватываетъ. Поэтому можно вполнѣ общимъ образомъ высказать слѣдующее предложеніе: всякое дѣйствіе, исходящее изъ нѣкотораго центра равномѣрно по всѣмъ направленіямъ, убываетъ пропорціонально квадрату разстоянія отъ центра, если это дѣйствіе не встрѣчаетъ препятствій. Это — весьма важная теорема; она особенно будетъ интересовать насъ въ заключеніи нашихъ разсужденій объ устройствѣ вселенной, когда мы займемся законами силы тяжести.

Итакъ, если мы поставимъ 16 свѣчъ, то на извѣстномъ разстояніи, скажемъ, напр., на разстояніи 1 метра онѣ дадутъ намъ извѣстное освѣщеніе; на разстояніи 2 метровъ освѣщеніе будетъ вчетверо слабѣе, т. е., эти 16 свѣчъ дадутъ такое же освѣщеніе, какъ 4 свѣчи на разстояніи 1 метра. На разстояніи 4 метровъ количество свѣта будетъ въ $4 \times 4 = 16$ разъ слабѣе; тутъ сила свѣта равняется силѣ свѣта одной свѣчи, поставленной на разстояніи 1 метра.

Мы знаемъ, что свѣтовыя колебанія посылаются свѣтящимся тѣломъ по всѣмъ направленіямъ. Слѣдовательно, они встрѣчаются не только тамъ, гдѣ они прямо могутъ попасть въ глазъ, но они поражаютъ заразъ все наше лицо и т. д. цѣлымъ градомъ атомныхъ ударовъ. Эти удары передаются отъ источника свѣта, но мы не ощущаемъ ихъ, какъ свѣтъ, потому что здѣсь нѣтъ спеціально приспособленныхъ зрительныхъ нервовъ. Значитъ, вся наша задача сводится къ тому, чтобы часть этихъ бомбардирующихъ атомовъ попала въ отверстіе нашего глаза. Очевидно, мы можемъ сдѣлать это, отклонивъ ихъ отъ первоначальнаго ихъ пути. Рисунокъ наглядно покажетъ это. Отъ свѣчи идутъ лучи по всѣмъ направленіямъ и встрѣчаютъ поверхность ag въ точкахъ a, b, c, d, e, f, g. Но только лучи, встрѣчающіе поверхность въ d, могутъ прямо попасть въ нашъ глазъ. Дѣло въ томъ, чтобы направить туда же и прочіе лучи, какъ указываютъ пунктирныя линіи. Пріобрѣтенныя нами до сихъ поръ свѣдѣнія о природѣ свѣта

позволяютъ намъ сдѣлать это довольно простымъ образомъ. Если свѣтъ дѣйствительно происходитъ только отъ атомныхъ ударовъ, то должно быть полное сходство между атомами и билліардными шарами. Всякій билліардный игрокъ знаетъ, что шаръ отскакиваетъ отъ поверхности, о которую онъ ударился, подъ тѣмъ же самымъ угломъ, подъ которымъ ударился, но только въ обратную сторону. То же самое бываетъ относительно свѣта на гладкой поверхности зеркала. Отъ бѣлой поверхности, которая при доста-

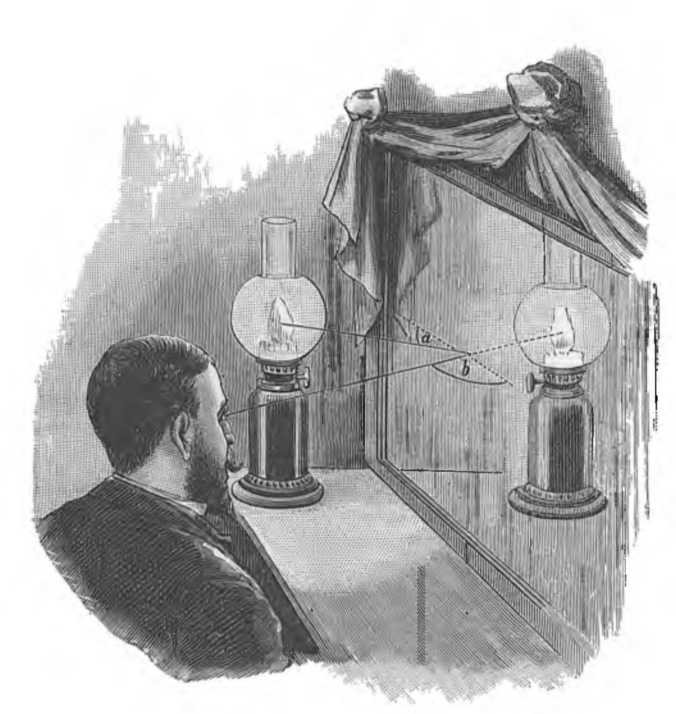


Распространеніе свѣта въ пространствѣ.

точно сильномъ увеличеніи кажется всегда неровною, атомы отражаются, понятно, по всѣмъ возможнымъ направленіямъ, какъ было бы и съ билліардными шарами, если бы края билліарда были неровны въ одинаковомъ отношеніи. Напротивъ того, наши зеркала отражаютъ почти всѣ ударяющіе ихъ атомы такимъ образомъ, что они кажутся нашему глазу выходящими по одному направленію. При томъ это направленіе отклоняется отъ поверхности зеркала въ одну сторону какъ разъ на столько, на сколько падающіе лучи отклоняются отъ поверхности зеркала въ другую сторону.

Мы легко можемъ наблюдать это на любомъ зеркалѣ. Рисунокъ на страницѣ 20 служитъ для объясненія этого. Свѣтъ лампы встрѣчаетъ, правда, всѣ точки зеркала; но предположимъ, что всѣ лучи отражаются отъ зеркала подъ тѣмъ самымъ угломъ, подъ которымъ они упали на него; легко тогда видѣть, что попасть въ нашъ глазъ можетъ только извѣстный пучекъ учлей, образующій уголъ a съ зеркаломъ. Такъ какъ уголъ a долженъ равняться углу b, то мы увидимъ въ зеркалѣ лампу въ томъ направленіи, какъ указано на рисункѣ, и повидимому на такомъ же разстояніи позади зеркла, на какомъ лампа дѣйствительно стоитъ передъ зеркаломъ. Это свойство зеркала приводитъ къ весьма полезному примѣненію. Во всѣхъ случаяхъ, когда необходимо направить свѣтъ изъ какой-нибудь точки на данное мѣсто, и это нельзя сдѣлать непосредственно, пользуются зеркалами: ставятъ столько плоскихъ зеркалъ подъ соотвѣтственными углами другъ къ другу и къ падающему свѣту, чтобы послѣдній отраженный лучъ пошелъ по желаемому направленію. Подобное устройство бываетъ у всякаго большого телескопа, въ особенности у его вспомогательныхъ приборовъ. Пріобрѣтенныя нами свѣдѣнія позволяютъ намъ также и въ другомъ направленіи воспользоваться свойствомъ плоскихъ зеркалъ. Если у насъ зеркало другой формы, напр., съ кривою поверхностью, то мы можемъ представить себѣ, что весьма малыя ея части, ея элементы, безконечно мало отличаются отъ плоскости. На этихъ элементахъ зеркала отраженіе будетъ слѣдовать тѣмъ же законамъ, какъ на гладкой плоской поверхности; при-

томъ безразлично, находится ли источникъ свѣта на умѣренномъ разстояніи отъ зеркала или почти въ безконечно большомъ удаленіи. Послѣднее — самое важное и интересное для насъ. Этотъ-то случай и встрѣчается только въ астрономической практикѣ, потому что всѣ свѣтящіеся объекты наблюденія находятся на разстояніи, которое можно считать почти безконечно большимъ. Въ этомъ же случаѣ приборы, служащіе для собиранія и концентрированія свѣта, всего проще, и дѣйствіе ихъ легче всего объяснить и понять. По этимъ двумъ причинамъ мы и отдаемъ преимущество этому второму случаю.



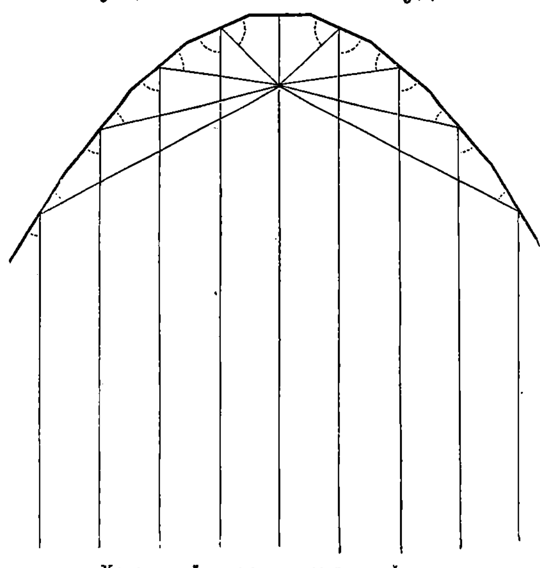
Отраженіе свѣта отъ плоскаго зеркала.

Вообразимъ себѣ прежде всего рядъ очень маленькихъ зеркалъ, напр., квадратной формы. Зеркала эти наклеены на бумажной полоскѣ одно подлѣ другого такъ, что ихъ ребра направлены параллельно. Мы получимъ нѣкоторымъ образомъ часть стекляннаго зеркала, составленную изъ элементарныхъ зеркалъ. Согнемъ эту бумажную полосу, чтобы она представила намъ дугу круга. Тогда у насъ получится разрѣзъ вогнутаго зеркала, правда несовершеннаго, но на практикѣ вполнѣ подходящаго къ сравненію по своему дѣйствію. Разсмотримъ теперь лучи, идущіе отъ безконечно удаленнаго источника свѣта, напр., отъ неподвижной звѣзды; слѣдовательно, эти лучи параллельны между собой. Они отразятся отъ каждаго отдѣльнаго плоскаго элемента зеркала подъ тѣмъ же угломъ, подъ которымъ они упали. Нетрудно видѣть, что при соотвѣтственномъ положеніи зеркала, иными словами, при опредѣленной кривизнѣ бумажной полосы (приблизительно, при кривизнѣ дуги окружности) всѣ лучи, падающіе на зеркало, сойдутся въ одной точкѣ. Эту точку называютъ фокусомъ (лат. focus очагъ). Изъ рисунка, изображающаго ходъ лучей въ вогнутомъ зеркалѣ, указанныя соотношенія уясняются сразу.

Намъ остается сдѣлать еще шагъ, чтобы понять дѣйствіе совершеннаго вогнутаго зеркала. Именно, надо только подобрать такія узкія элементарныя зеркала, чтобы они сплошь прилегали другъ къ другу и точно слѣдовали кривизнѣ бумажной полосы, т. е., образовали бы точную кривую. Опыты и теоретическія изслѣдованія показали слѣдующее: вогнутое зеркало, которое собирало бы параллельные, значитъ, идущіе отъ отдаленнаго предмета, лучи въ одной и той же точкѣ, должно имѣть форму параболоида, которая для нашихъ цѣлей по большей части едва замѣтно отличается отъ шаровой поверхности. Съ помощью геометріи легко построить такъ называемый параболоидъ. Для насъ не представляетъ интереса ближе познакомиться съ геометрическими свойствами этого тѣла. Намъ достаточно

знать, что построить изъ зеркальнаго матеріала вогнутыя зеркала такой формы не составляетъ особенной трудности. Эти зеркала оказали на дѣлѣ значительную услугу изслѣдованію неба.

Теперь мы безъ труда поймемъ собирательное дѣйствіе такого вогнутаго зеркала; мы получаемъвещественное изображеніе посредствомъ дѣйтсвительнаго соединенія всѣхъ лучей, идущихъ отъ какой-нибудь точки предмета. Ясно, чѣмъ больше вогнутое зеркало, тѣмъ ярче будетъ изображеніе въ фокусѣ. Чѣмъ больше зеркало, тѣмъ больше свѣтовыхъ колебаній отъ свѣтящагося предмета оно встрѣтитъ и соберетъ въ той точкѣ, откуда они, собранныя вмѣстѣ, легко попадаютъ въ отверстіе нашего зрачка. Такимъ образомъ до нашей сѣтчатки дойдетъ столько свѣта, какъ если бы величина нашего глаза была равна величинѣ самаго зеркала. Вмѣстѣ съ тѣмъ намъ легко вычислить такъ называемую *оптическую силу* вогнутаго зеркала; стоитъ только сравнить діаметры зеркала и зрачка. Діаметръ зрачка, правда, измѣняется; но можно принять, что ночью его діаметръ, по крайней мѣрѣ, 5 мм. Пусть у насъ вогнутое зеркало съ діаметромъ въ 5 см., слѣдовательно въ этомъ измѣреніи оно въ 10 разъ больше, а поверхность его въ $10 \times 10 = 100$ разъ больше, чѣмъ отверстіе нашего глаза. Отъ такого зеркала мы получимъ свѣта въ 100 разъ больше, чѣмъ безъ зеркала.



Ходъ лучей въ вогнутомъ зеркалѣ.

Приведенное объясненіе годится только для того случая, когда размѣры предмета такъ малы сравнительно съ его разстояніемъ, что на самомъ дѣлѣ всѣ лучи сходятся въ одной точкѣ; строго говоря, мы получимъ тогда изображеніе безъ діаметра. Это условіе выполняется для всѣхъ неподвижныхъ звѣздъ безъ исключенія. При такомъ предположеніи не можетъ быть рѣчи объ увеличительномъ дѣйствіи вогнутаго зеркала. Иное дѣло съ членами нашей солнечной системы и другими небесными тѣлами, которыя даютъ протяженныя изображенія. Чтобы избѣжать чисто геометрическаго изложенія, обратимся къ опыту, легко выполнимому на практикѣ; онъ дастъ намъ прямымъ путемъ понятіе объ увеличительномъ дѣйствіи вогнутаго зеркала. Діаметръ солнца кажется невооруженному глазу подъ угломъ въ полградуса; пусть вогнутое зеркало, фокусное разстояніе котораго 25 см., даетъ вещественное изображеніе солнца. Измѣривъ солнечное изображеніе, мы получили діаметръ его 2,2 мм. Это изображеніе солнца, составленное вогнутымъ зеркаломъ, мы можемъ разсматривать на любомъ разстояніи; но ясно видѣть его мы будемъ только, удаливъ нашъ глазъ отъ фокуса, гдѣ находится изображеніе, настолько, сколько необходимо, чтобы ясно видѣть здѣсь дѣйствительный предметъ. Это разстояніе яснаго зрѣнія различно для каждаго глаза, поэтому каждый наблюдатель долженъ установить свой телескопъ по глазу. Для нормальнаго глаза можно принять разстояніе яснаго зрѣнія равнымъ 25 см.

Будемъ разсматривать наше изображеніе солнца 2,2 мм. въ діаметрѣ на разстояніи яснаго зрѣнія; оно опять представится намъ подъ угломъ

въ полградуса. На разстояніи яснаго зрѣнія, слѣдовательно, изображеніе солнца, образованное вогнутымъ зеркаломъ указаннаго фокуснаго разстоянія, кажется той же величины, какъ дискъ солнца, разсматриваемый просто глазомъ; слѣдовательно нѣтъ никакого увеличенія. Повторимъ опытъ съ зеркаломъ такой же величины, но съ фокуснымъ разстояніемъ въ 1 метръ. Тогда діаметръ полученнаго изображенія солнца будетъ въ 4 раза больше, чѣмъ прежде. Слѣдовательно, оно покажется на разстояніи яснаго зрѣнія подъ угломъ въ 4 раза большимъ, чѣмъ дискъ солнца кажется просто глазу. Значитъ, здѣсь мы получили увеличеніе въ 4 раза. Эффектъ, достигнутый нами съ помощью послѣдняго вогнутаго зеркала, можно выразить иначе: эффектъ какъ разъ такой, какъ будто бы мы какимъ-нибудь образомъ смогли приблизить къ намъ солнце на четвертую часть его разстоянія отъ земли.

Точно такимъ же образомъ мы можемъ представить опытъ съ зеркалами одинаковой величины, но различной кривизны, т. е., различнаго фокуснаго разстоянія. Мы всегда найдемъ, что увеличеніе угла зрѣнія зависитъ только отъ фокуснаго разстоянія; количество же свѣта, собираемаго зеркаломъ, обусловливается только величиной зеркала, какъ мы видѣли выше. Самое увеличеніе мы получимъ, раздѣливъ фокусное разстояніе, выраженное въ сантиметрахъ, на 25 (разстояніе яснаго зрѣнія). Напримѣръ, зеркало съ фокуснымъ разстояніемъ въ 5 метровъ даетъ $500:25=20$ кратное линейное увеличеніе; увеличеніе же поверхностное равно $20 \times 20 = 400$. Если кривизна зеркала такая, что оно увеличиваетъ діаметръ предмета въ 10 разъ, причемъ діаметръ зеркала въ 10 разъ больше діаметра зрачка, то свѣтъ предмета долженъ распредѣлиться по поверхности, въ $10 \times 10 = 100$ разъ большей; въ общемъ же, зеркало доставляетъ въ глазъ количество свѣта въ 100 разъ больше, чѣмъ безъ зеркала, поэтому поверхностная яркость изображенія предмета какъ разъ та же, какъ при зрѣніи простымъ глазомъ. Благодаря зеркалу, мы выиграли только въ томъ, что предметъ кажется въ 10 разъ больше.

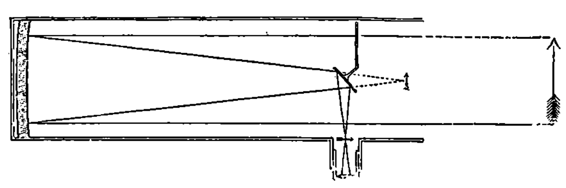
Крайне важно для пониманія дѣйствія телескоповъ правильно уразумѣть эти соотношенія между оптическою силой и увеличеніемъ. Новичекъ по большей части ошибочно полагаетъ, что главнѣйшая цѣль большихъ телескоповъ — это по возможности сильное увеличеніе небесныхъ тѣлъ. Между тѣмъ астроному во многихъ случаяхъ приходится скорбѣть о томъ, что телескопы нельзя устроить безъ увеличенія. Весьма часто онъ желаетъ исключительно усилить количество свѣта недосягаемаго предмета, который онъ не можетъ искусственно освѣтить, какъ въ микроскопѣ, между тѣмъ ему мало дѣла до увеличенія самого предмета.

Наибольшее увеличеніе, которое выноситъ небесный предметъ, часто зависитъ отъ оптической силы употребляемаго телескопа. Мы можемъ такъ подобрать кривизну и величину зеркала, что оптическая сила каждой части предмета будетъ въ телескопѣ меньше, чѣмъ безъ телескопа. Пусть, напр., зеркало усиливаетъ количество свѣта только въ 10 разъ, и увеличеніе тоже 10 кратное, свѣтъ, слѣдовательно, долженъ распредѣлиться по площади, въ 100 разъ большей. Тогда каждую точку нашей сѣтчатки въ глазу поражаетъ въ 10 разъ меньшее число свѣтовыхъ колебаній. Въ подобномъ зеркалѣ, которое при сказанныхъ условіяхъ должно имѣть діаметръ около 15 мм., совершенно исчезали бы предметы, хорошо видимые просто глазомъ. Это произошло бы именно потому, что ихъ яркость недостаточна, чтобы перенести 10 кратное ослабленіе. Такой маленькій зеркальный телескопъ мы могли бы съ нѣкоторой выгодой примѣнять только къ лунѣ и планетамъ; мы бы видѣли ихъ въ 10 разъ больше, слѣдовательно точнѣе, съ бо̀льшими подробностями, потому что эти предметы испускаютъ достаточно свѣта. Если же направить этотъ телескопъ на какое-нибудь мѣсто

звѣзднаго неба, то мы не увидимъ нѣкоторыхъ звѣздъ, которыя ясно видны просто глазомъ. Въ такомъ телескопѣ мы видѣли бы звѣзды только до такъ, называемой второй величины, т. е., увидали бы 70 звѣздъ (вмѣсто 6000, которыя видитъ невооруженный глазъ), если бы онѣ имѣли измѣримый, стало быть, поддающійся увеличенію діаметръ. Что это на дѣлѣ не такъ и что описанныя соотношенія складываются благопріятнѣе, это не имѣетъ значенія для нашихъ теоретическихъ объясненій.

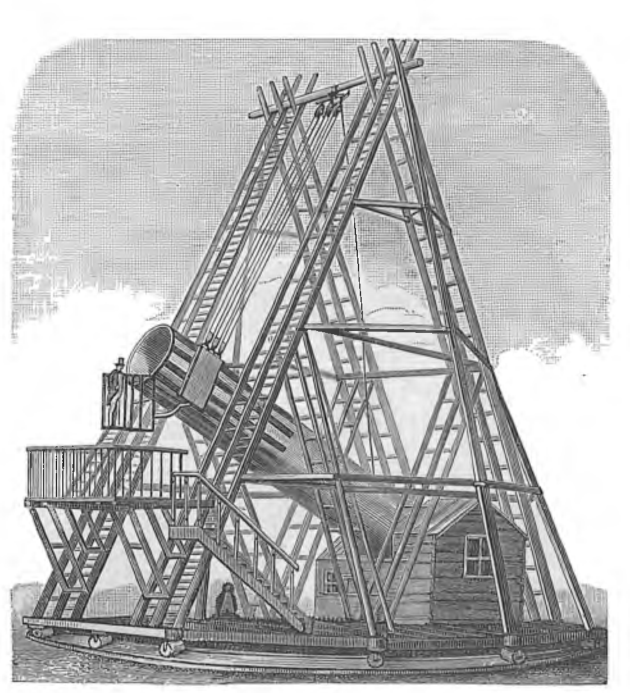
Мы можемъ произвольно выбирать соотношеніе между оптической силой и увеличеніемъ, конечно, въ предѣлахъ технической выполнимости. Возьмемъ, напр., вогнутое зеркало съ діаметромъ въ 1 метръ, (на самомъ дѣлѣ для астрономическихъ цѣлей удалось приготовить зеркала до 1,80 метра въ діаметрѣ, къ чему мы вернемся позже), такой малой кривизны, что оно увеличиваетъ только въ 10 разъ. Тогда въ отношеніи количества свѣта мы сразу получимъ значительную выгоду. Такое зеркало имѣетъ діаметръ въ 200 разъ больше, чѣмъ зрачекъ ночью; чрезъ это въ глазъ попадетъ количество свѣта въ $200 \times 200 = 40000$ разъ больше, чѣмъ при обыкновенныхъ условіяхъ. Такъ какъ зеркало увеличиваетъ лишь въ 10 разъ, то это количество свѣта должно распредѣлиться по площади, въ 100 разъ большей. Поэтому въ каждой точкѣ увеличеннаго изображенія всетаки будетъ въ $40000 : 100 = 400$ разъ больше свѣта, чѣмъ получаетъ невооруженный глазъ. Въ такой телескопъ можно, слѣдовательно, видѣть звѣзды, которыя въ 400 разъ меньше испускаютъ свѣта, чѣмъ звѣзды, еще видимыя просто глазомъ. Это будутъ звѣзды 20 величины, сотни милліоновъ которыхъ мы могли бы насчитать на небѣ съ помощью такого оптическаго инструмента. Въ дѣйствительности еще нельзя было вполнѣ достичь такого количества свѣта; при такихъ слабыхъ увеличеніяхъ появляются другія неудобства: напр., необходимая для этого значительная длина трубы служитъ пока препятствіемъ. Вѣдь, изъ сказаннаго нами выше ясно, что, чѣмъ сильнѣе увеличиваетъ зеркало, тѣмъ дальше отъ него должна находиться точка, гдѣ собранные зеркаломъ лучи опять всѣ соединяются, вблизи которой, иными словами, долженъ помѣщаться глазъ. Хотя уже строили вогнутыя зеркала, при употребленіи которыхъ надо было держать глазъ на разстояніи не менѣе 16 метровъ отъ нихъ, однако, сооруженіе трубъ такихъ башенныхъ размѣровъ встрѣчаетъ слишкомъ много трудностей. Непосредственное разсматриваніе изображенія, составленнаго въ фокусѣ вогнутаго зеркала, было бы до нѣкоторой степени неудобно. Кромѣ того, такое устройство было бы и мало выгодно, потому что оно допускало бы разъ навсегда опредѣленное увеличеніе и оптическую силу; по крайней мѣрѣ, можно было еще измѣнять оптическую силу, болѣе или менѣе закрывая крайнія части зеркала по мѣрѣ надобности. Поэтому, чтобы удовлетворить по возможности всѣмъ требованіямъ, предъявляемымъ къ телескопамъ для наблюденій различныхъ небесныхъ тѣлъ, придумали весьма простой выходъ. Именно, увеличиваютъ изображеніе, составленное въ фокусѣ вогнутаго зеркала, съ помощью обыкновеннаго увеличительнаго стекла — лупы. Для этого поступаютъ такъ: приблизительно въ томъ мѣстѣ, гдѣ большое зеркало составляетъ изображеніе, значитъ, близъ его фокуса, устанавливаютъ гораздо меньшее плоское зеркало. Лучи, идущіе отъ наблюдаемаго предмета, лишь въ весьма незначительной мѣрѣ задерживаются этимъ малымъ зеркаломъ. Послѣднее установлено наклонно къ лучамъ, падающихъ на него отъ большого зеркала; поэтому, смотря на плоское зеркало сбоку, совершенно въ сторонѣ отъ лучей большого зеркала, мы можемъ видѣть полученное тамъ въ фокусѣ изображеніе. Здѣсь помѣщаютъ на пути лучей сильно увеличивающія лупы, смотря по природѣ наблюдаемаго предмета. Рядомъ стоящій рисунокъ поясняетъ дѣло. Эту лупу называютъ обыкновенно окуляромъ телескопа. Съ помощью такой комби-

націи одинъ телескопъ можетъ удовлетворять различнымъ требованіямъ, нужно только принять въ разсчетъ, что первоначальное увеличеніе телескопа по возможности мало, и оптическая сила по возможности велика. Тогда усиливаютъ увеличеніе по желанію посредствомъ окуляровъ, причемъ яркость наблюдаемыхъ преметовъ соотвѣтственно ослабляется. Слѣдовательно, все еще настоятельно необходимы возможно большія зеркала. Остается еще разсмотрѣть увеличительное дѣйствіе подобнаго сочетанія объективнаго зеркала и окулярной лупы и опредѣлить его величину. Лупа увеличиваетъ предметъ во столько разъ, сколько разъ ея фокусное разстояніе, выраженное въ сантиметрахъ, содержится въ числѣ 25 (разстояніе яснаго зрѣнія). Если принять ея фокусное разстояніе равнымъ f', то получимъ увеличеніе 25 : f'. Но раньше мы нашли, что линейное увеличеніе вогнутаго зеркала съ фокуснымъ разстояніемъ f приближенно выражается числомъ f : 25. Слѣдовательное полное увеличеніе указанной комбинаціи равняется $\frac{f}{25} \times \frac{25}{f'} = \frac{f}{f'}$; мы получаемъ полное увеличеніе, раздѣляя фокусное разстояніе объектива на фокусное разстояніе окуляра. Напр., зеркало съ фокуснымъ разстояніемъ 5 метровъ и окуляръ съ фокуснымъ разстояніемъ 5 см. даютъ вмѣстѣ 500 : 5 = 100 кратное увеличеніе. Уменьшая фокусное разстояніе окулярной лупы, мы можемъ теоретическидойти до какого угодно увеличенія, но конечно на практикѣ только до извѣстной границы, Если необходимо перейти эту границу, то ничего не остается дальше, какъ подобрать большее фокусное разстояніе зеркала, т. е., уменьшить его кривизну.


Ходъ лучей въ рефлекторѣ

Сказанное до сихъ поръ содержитъ все, что необходимо для пониманія оптическаго дѣйствія зеркальныхъ телескоповъ. Они пріобрѣли славу вспомогательныхъ орудій для изслѣдованія неба, и ихъ оптическое устройство не имѣетъ никакихъ другихъ частей, кромѣ описанныхъ нами. До начала XIX сто лѣтія полагали,что успѣхъ нашихъ знаній о звѣздномъ небѣ исключительно. зависитъ отъ сооруженія телескоповъ бо̀льшихъ размѣровъ. Два самыхъ знаменитыхъ телескопа суть гигантскій въ 12 метровъ длиной телескопъ Гершеля, съ которымъ великій наблюдатель сдѣлалъ тысячу интересныхъ открытій, и еще бо̀льшій телескопъ лорда Росса. Послѣднимъ телескопомъ еще по сіе время съ большимъ успѣхомъ изслѣдуются въ Ирландіи (Бирръ Кэстль, подлѣ Парсонстоуна) крайнія глубины вселенной. Длина его 16 метровъ, діаметръ его зеркала 183 см., т. е. почти 2 метра. При томъ, кривизна зеркала такъ мала, что между наложеннымъ на него плоскимъ дискомъ и самою глубокой точкой вогнутаго зеркала остается пространство въ 13 мм. вышины. Діаметръ его зеркала въ 366 разъ больше, чѣмъ діаметръ нашего зрачка ночью; поэтому общее количество свѣта, доставляемое зеркаломъ въ нашъ глазъ, въ 366×366 разъ или въ круглыхъ числахъ, въ 134000 разъ больше, тѣмъ достигло бы нашей сѣтчатки безъ этого гигантскаго телескопа. Если, слѣдовательно, мы примѣнимъ посредствомъ комбинаціи зеркала и окуляра 100 кратное линейное увеличеніе или 10000 кратное поверхностное увеличеніе, то мы всетаки увидимъ предметъ почти въ 13 разъ ярче, чѣмъ простымъ глазомъ. Мы можемъ дойти до. 366 кратнаго линейнаго увеличенія, прежде чѣмъ окажется ущербъ яркости противъ невооруженнаго зрѣнія.

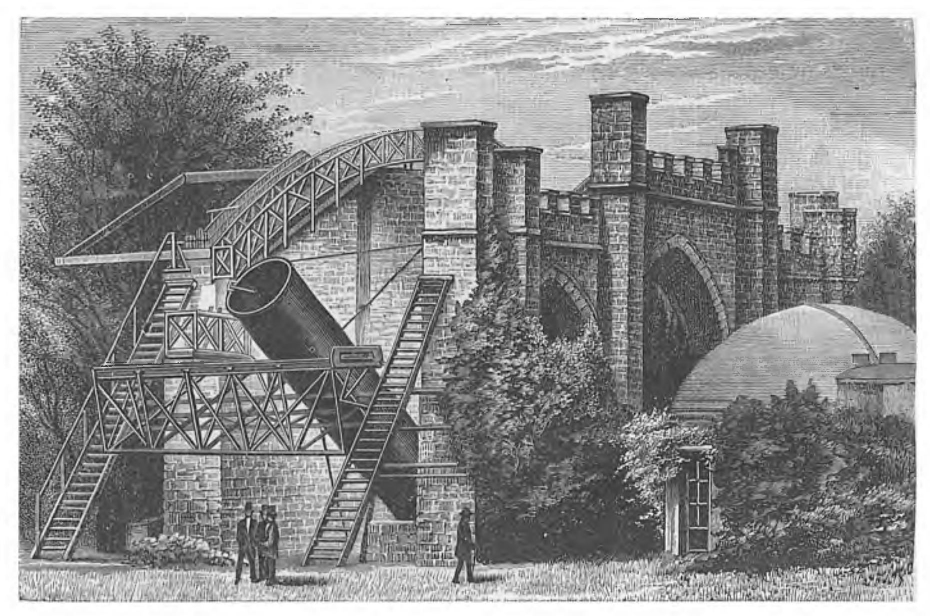
Мы говорили выше объ увеличительныхъ стеклахъ, не объяснивъ, какъ вообще происходитъ увеличительное дѣйствіе этихъ стеколъ при нашихъ взглядахъ на сущность свѣта. Стекло относится къ такъ называемымъ прозрачнымъ тѣламъ, чрезъ которыя свѣтъ проходитъ безъ ущерба, но измѣняя свое направленіе. Ходъ явленія трудно представить такъ же наглядно, какъ въ случаѣ зеркала; поэтому мы прослѣдимъ его не въ подробностяхъ. Здѣсь достаточно представить себѣ, что свѣтовыя колебанія при ударѣ объ атомы или молекулы, изъ которыхъ состоятъ всѣ вещества, испытываютъ отклоненіе отъ своего первоначальнаго пути (въ различной мѣрѣ, смотря по направленію, по которому они приходятъ); но потомъ въ стеклѣ движутся опять прямолинейно. При выходѣ изъ прозрачной среды снова происходитъ отклоненіе, но въ противоположномъ смыслѣ. Величина отклоненія зависитъ при томъ отъ особыхъ свойствъ прозрачной среды, такъ что при одинаковой формѣ ограничивающихъ поверхностей различныя вещества собираютъ параллельно приходящіе лучи, правда, въ одной точкѣ, въ фокусѣ, но эти фокусы могутъ лежать въ различныхъ разстояніяхъ отъ свѣтопреломляющаго тѣла.


Исполинскій телескопъ Гершеля въ Ваасѣ.

Стекло, обладающее названнымъ свойствомъ, можно поэтому назвать зажигательнымъ стекломъ; оно, какъ извѣстно, ограничено частями шаровыхъ поверхностей одинаковой или различной кривизны и принадлежитъ къ „линзамъ“ („чечевицамъ“), которыя въ разнообразныхъ формахъ употребляются для оптическихъ цѣлей.

Но при этомъ замѣчается еще обстоятельство, которое пріобрѣло величайшую важность для изслѣдованія неба. Оказывается, что различные свѣтовые лучи пропускаются прозрачными веществами различнымъ образомъ. Между тѣмъ. какъ вогнутое зеркало собираетъ всѣ цвѣта предмета въ одномъ и томъ же фокусѣ, у зажигательнаго стекла красные лучи заходятъ за средній фокусъ, фіолетовые же лучи остаются нѣсколько позади. При ударѣ атомовъ свѣтоваго эфира, наименьшія свѣтовыя колебанія — фіолетовыя испытываютъ, очевидно, наибольшую потерю энергіи, а наибольшія, обладающія наибольшею живою силой, красныя — наименьшую, слѣдовательно и меньшее отклоненіе отъ первоначальнаго направленія, чѣмъ первыя. Вслѣдствіе этого изображеніе, происходящее отъ фіолетоваго предмета позади чечевицы, находится къ ней ближе, чѣмъ изображеніе краснаго предмета, хотя, въ дѣйствительности, предметъ въ обоихъ случаяхъ одинаково отстоитъ отъ линзы. Бѣлый свѣтъ состоитъ изъ смѣшенія всѣхъ цвѣтовъ; поэтому оптическое стекло составитъ за собой не одно изображеніе бѣлаго предмета, находящагося предъ нимъ, но безконечное

множество изображеній, изъ которыхъ каждое имѣетъ свой цвѣтъ. Эти изображенія такъ расположатся, что первымъ будетъ фіолетовое, а послѣднимъ—красное. Нашъ рисунокъ на стр. 27, объясняетъ сказанное. Передъ нами плосковыпуклое стекло; его вершина въ S, и центръ кривизны его выпуклой поверхности въ C. Слѣва падаютъ на него параллельные лучи. Лучи, падающіе у краевъ стекла, преломляются сильнѣе, чѣмъ лучи у вершины или центральные, потому что имѣютъ большій наклонъ къ поверхности у выхода, гдѣ происходитъ преломленіе. Въ точкѣ выхода лучи разныхъ цвѣтовъ раздѣляются; фіолетовые соединяются тамъ, гдѣ центральный лучъ CSF пересѣкается линіей ab; красные же лучи только при cd. Вообразимъ нашу фигуру тѣлесною, т. е., различные лучи ограничиваютъ коническую поверхность, и линіи ab и cd стали плоскостями. Тогда на ab получится фіолетовое изображеніе точки, окаймленное цвѣтными кружками; наибольшій кружокъ — красный. На cd, напротивъ, получится красная точка, окруженная цвѣтными кольцами, расположенными въ обратномъ



Телескопъ Левіаѳанъ лорда Росса въ Бирръ-Кестлѣ, подлѣ Парсонстоуна (Ирландія).

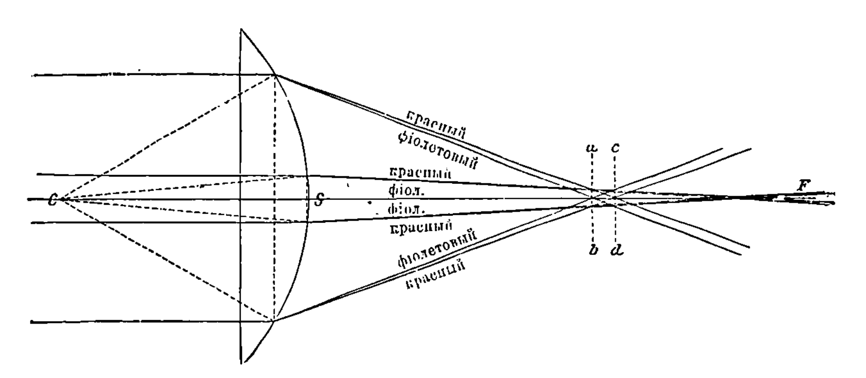
порядкѣ: фіолетовый кружокъ здѣсь самый большой. Составленныя линзой разноцвѣтныя изображенія будутъ находить другъ на друга и получатъ цвѣтные края, крайне препятствующіе отчетливому зрѣнію. Зажигательное стекло „не ахроматично“.

Это неудобство — свѣторазсѣяніе стеколъ — долгое время служило непреодолимымъ препятствіемъ для усовершенствованія телескоповъ. Съ другой стороны, этотъ самый недостатокъ, послѣ того, какъ онъ былъ, наконецъ, уничтоженъ въ телескопахъ, въ другой области, спектральномъ анализѣ, оказалъ необычайныя услуги, успѣхамъ нашего познанія міроздания. Въ былое время иной изслѣдователь неба стремился устранить совсѣмъ это досадное свѣторазсѣяніе, а теперь оно самымъ непредвидѣннымъ образомъ позволило намъ заглянуть во внутреннее строеніе неизмѣримо удаленныхъ тѣлъ небесныхъ.

Вслѣдствіе свѣторазсѣянія оптическихъ стеколъ, вогнутыя зеркала долгое время, преимущественно предъ стеклами, употреблялись для теле-

скоповъ. Ихъ называли рефлекторами, т. е. отражающими лучи; первые же, допускавшіе прямое наблюденіе насквозь, назывались рефракторами, т. е. преломляющими лучи.

Однако нельзя было не признать, что рефракторы, несмотря на указанные недостатки, обладаютъ большими преимуществами передъ рефлекторами. Всякое зеркало, приготовленное несовершенными руками человѣка, поглощаетъ сравнительно много свѣта, во всякомъ случаѣ гораздо больше, чѣмъ линза средней величины. Мы видѣли раньше, что въ громадномъ большинствѣ случаевъ астроному всего важнѣе возможно большее количество свѣта его инструмента. Поэтому, съ тѣхъ поръ какъ существуютъ телескопы (первый былъ направленъ на небо Галилеемъ въ 1610 году), стремились устранить или обойти этотъ недостатокъ свѣторазсѣянія. Къ несчастью, Ньютонъ, исходя изъ невѣрнаго предположенія, доказалъ въ свое время, что теоретически невозможно построить ахроматическій телескопъ. Подъ тяжестью такого авторитета отказались совсѣмъ отъ непосредственнаго рѣшенія вопроса и пытались лишь какъ можно болѣе ослабить вредное вліяніе свѣторазсѣянія на наблюденіе. Это можно было сдѣлать только съ помощью такихъ стеколъ, которыя наименѣе собираютъ лучи. Тогда величина краснаго изображенія весьма мало отличалась бы отъ величины фіолетоваго изображенія, оба изображенія по возможности меньше

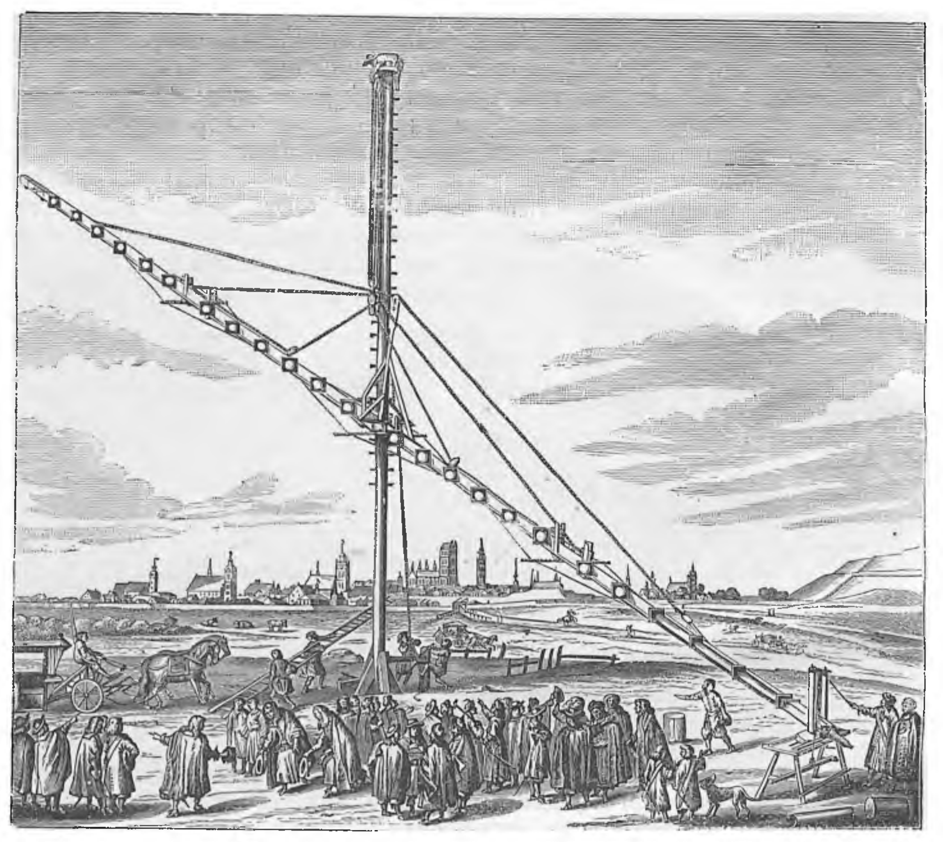


Сферическая и хроматическая аберрація въ стеклѣ.

находили бы другъ на друга, и общее изображеніе было бы, очевидно, отчетливѣе. Вслѣдствіе этого, увеличивается однако его фокусное разстояніе. Значитъ, опять приходится строить очень длинные телескопы.

Наконецъ, не стало возможности соорудить металлической или вообще крѣпкой связи между переднимъ стекломъ, дающимъ изображеніе предмета, и лупой, посредствомъ которой и въ рефракторахъ разсматриваютъ и увеличиваютъ изображеніе (т. е. между объективомъ и окуляромъ). Подвѣшивали гдѣ-нибудь объективъ, лучи шли отъ него прямо чрезъ воздухъ или чрезъ діафрагмы, укрѣпленныя на брусьяхъ, и подъ объективомъ искали изображеніе съ помощью окуляра. Такъ возникли такъ называемые воздушные телескопы, которые въ XVII вѣкѣ строились съ фокуснымъ разстояніемъ до 200 футъ. Рисунокъ представляетъ большой телескопъ, построенный данцигскимъ бургомистромъ Гевеліемъ такъ, какъ онъ самъ его изобразилъ. Часто подвѣшивали объективъ на высокой мачтѣ и направляли съ помощью веревокъ; внизу же приходилось часто довольно долго искать посредствомъ окуляра, чтобы найти наблюдаемый предметъ. Великое терпѣніе астрономовъ того времени, которые съ такими тяжеловѣсными орудіями сумѣли раскрыть столько тайнъ неба, по истинѣ должно вызывать у насъ величайшее удивленіе.

Всѣ эти трудности были побѣждены однимъ ударомъ, когда въ 1758 году Доллондъ построилъ первый ахроматическій телескопъ, не смотря на теоретическе отрицаніе Ньютона. Принципъ его приблизительно слѣдующій. Уже давно было извѣстно, что различныя прозрачныя вещества различно преломляютъ свѣтовые лучи, смотря по своей оптической плотности. Напр., двѣ линзы совершенно одинаковой формы, съ одинаковою кривизной своихъ поверхностей имѣютъ разные фокусы, если сдѣланы изъ стекла различной плотности.



Большой телескопъ Гевелія въ Данцигѣ. Изъ „Machina coelestis" Гевелія.

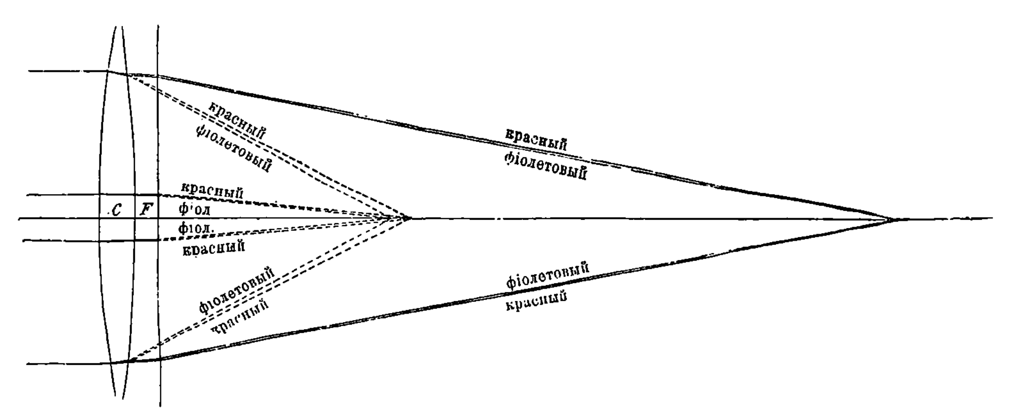
Тяжелыя стекла собираютъ лучи ближе къ линзѣ, чѣмъ болѣе легкія. Хотя и легкія, и тяжелыя стекла разсѣиваютъ цвѣта, однако болѣе плотныя средины разсѣиваютъ въ сильнѣйшей мѣрѣ, чѣмъ болѣе легкія средины; различныя цвѣтныя изображенія лежатъ у нихъ дальше другъ отъ друга.

Взявъ два стекла различной преломляющей силы, можно устроить такъ, чтобы совпадали изображенія, составленныя обѣими линзами и окрашенныя въ дополнительные цвѣта; они почти дополняютъ другъ друга до бѣлаго цвѣта. Этого, какъ очевидно изъ предъидущаго, можно достигнуть только посредствомъ сортовъ стекла различныхъ преломляющихъ способностей. Сочетаніе линзъ изъ стекла одинаковаго рода, но различнаго фокуснаго разстоянія, можетъ только привести къ тому, что на мѣстѣ, напр., голубаго изображенія отъ одной линзы какъ разъ получится голубое изображеніе отъ другой линзы, но оба изображенія будутъ разной величины. Различные же

роды стекла различно увеличиваютъ даже при одинаковомъ разстояніи отъ объектива, такъ что выборъ между величиной и цвѣтомъ можно сдѣлать, по крайней мѣрѣ, приблизительно вѣрно.

Нашъ рисунокъ объясняетъ это. С — двояковыпуклая линза изъ такъ называемаго кронгласа. На нее накладывается другая линза изъ тяжелаго флинтгласа, содержащаго свинецъ; ея вторая поверхность обыкновенно бываетъ плоскою. Эта линза, слѣдовательно, плосковогнутая. Одно кронгласовое стекло разсѣивало бы цвѣта такъ, какъ показываютъ ближайшіе къ стекламъ пунктирные пучки лучей. Наоборотъ, флинтгласовое стекло такъ вліяетъ на ходъ лучей, что большинство цвѣтныхъ лучей соединяется въ отдаленнѣйшей точкѣ пересѣченія. Центральные лучи могутъ всѣ соединиться, для крайнихъ же лучей существуетъ, однако, расхожденіе. Размѣры рисунка такъ подобраны, какъ обыкновенно бываетъ у астрономическихъ телескоповъ; только всѣ длины вслѣдствіе недостатка мѣста должны были быть сокращены въ 10 разъ, исключая размѣровъ линзъ.

Отклоненіе крайнихъ лучей отъ центральныхъ, у которыхъ всегда должны быть различныя фокусныя разстоянія, (см. рисунокъ на стр. 27), называется сферическою аберраціей, потому что она происходитъ отъ шли-



Ахроматическая комбинація стеколъ (объективъ трубы).

фовки стеколъ по шаровымъ сегментамъ. Современные оптики стараются посредствомъ остроумныхъ комбинацій поверхностей и сортовъ стекла приготовлять объективы, которые удовлетворяли бы, насколько возможно, обоимъ требованіямъ: съ одной стороны соединяли бы всѣ цвѣта и съ другой стороны давали бы отчетливыя изображенія даже на краяхъ поля зрѣнія. Какъ уже сказано выше, этого нельзя вполнѣ достигнуть одновременно; поэтому нѣкоторую долю отъ обѣихъ погрѣшностей, сферической и ахроматической аберраціи, оставляютъ безъ поправки, вслѣдствіе чего обѣ онѣ сводятся вообще къ безвредному минимуму. Такимъ образомъ, могли строить телескопы значительно меньшаго фокуснаго разстоянія, чѣмъ прежде, которые по оптической силѣ и отчетливости изображеній далеко превосходятъ старые неудобные инструменты.

Но для производства этихъ совершенныхъ телескоповъ настоящаго времени необходимо было примѣнить массу знанія, опыта и техническаго искусства. Особенная тщательность потребовалась для приготовленія сортовъ стекла различной плотности, но совершенно однородной массы (т. е., равномѣрной плотности). Чѣмъ большая масса стекла требуется, (а мы знаемъ, что только отъ величины объектива зависитъ его главное каче-

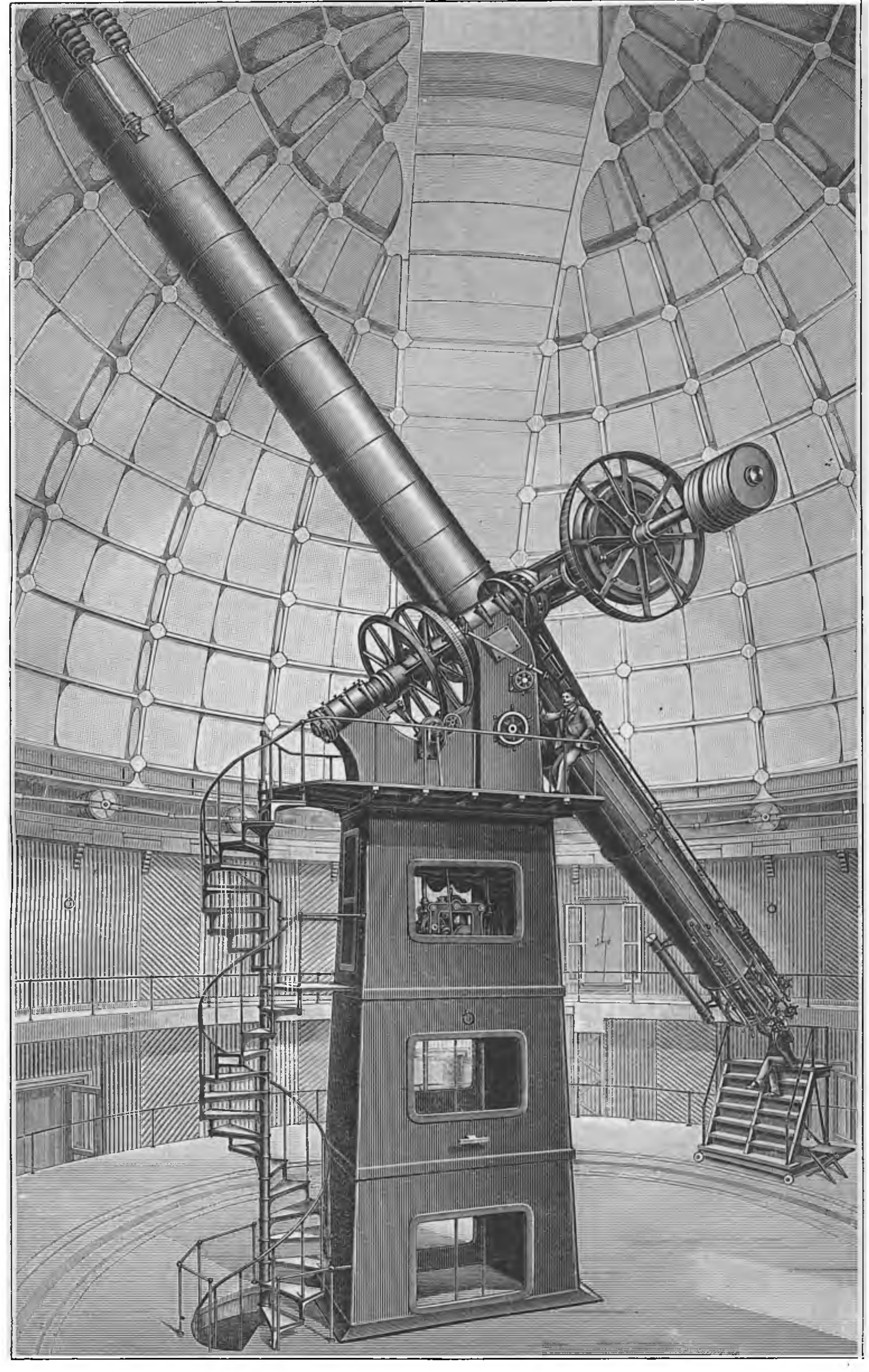
ство — оптическая сила), тѣмъ труднѣе приготовить однородный кусокъ стекла.

Въ глиняныхъ тигляхъ болѣе метра въ поперечникѣ непрерывно размѣшиваютъ расплавленное стекло въ теченіе нѣсколькихъ дней. Остывая, стекляная масса распадается на много кусковъ по причинѣ неравномѣрнаго охлажденія, а слѣдовательно и неравномѣрнаго сцѣпленія стекла. До сихъ поръ не найдено средства медленно и совершенно равномѣрно охлаждать большія массы стекла. Стало быть, дѣло случая, найдемъ ли мы достаточно большой кусокъ стекла въ разбитомъ послѣ охлажденія тиглѣ. Само собой разумѣется, большіе куски гораздо рѣже маленькихъ. Поэтому, цѣна оптическихъ стеколъ возрастаетъ почти пропорціонально квадрату діаметра. Отобранные, годные повидимому осколки стекла подвергаются вторичной плавкѣ, при чемъ имъ придаютъ форму толстой стекляной пластинки. Охлажденіе этого меньшаго куска производится съ величайшею осторожностью: въ теченіе мѣсяцевъ медленно и постепенно понижаютъ его температуру. Наконецъ, стекляная пластинка приняла обыкновенную температуру воздуха; ее шлифуютъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ по параллельнымъ плоскостьямъ и тщательно испытываютъ однородность ея массы въ оптическомъ отношеніи. Для этого опять надо отобрать много кусковъ. Тѣ куски, которые оказались хорошими, плавятся въ третій разъ; при этомъ имъ часто даютъ приблизительно ту форму, которую они должны получить потомъ. Затѣмъ опять слѣдуетъ охлажденіе въ теченіе мѣсяцевъ, и наконецъ можно приступить къ тонкой работѣ шлифовки, которая также займетъ много мѣсяцевъ.

До самаго недавняго времени умѣли приготовлять для оптическихъ цѣлей только два сорта стекла различной плотности: болѣе легкій кронгласъ и болѣе тяжелый флинтгласъ, содержащій больше свинцовыхъ солей. По вполнѣ опредѣленной преломляющей силѣ этихъ обоихъ сортовъ стекла (разстояніе между фокусами красныхъ и фіолетовыхъ лучей равно у кронгласа $\frac{1}{25}$ фокуснаго разстоянія, у флинтгласа — $\frac{1}{15}$) надо было для различныхъ цѣлей вычислить раньше поверхности и затѣмъ точно шлифовать. Но устроенный при поддержкѣ прусскаго правительства техническій институтъ Шотта въ Іенѣ приготовляетъ теперь стекла, на основаніи долголѣтнихъ предварительныхъ опытовъ, съ любою, напередъ назначенною, преломляющею силою. Поэтому можно теперь поступать иначе, а именно приготовлять соотвѣтственные сорта стекла для данной кривизны поверхностей, наилучше компенсирующей оба неизбѣжныхъ недостатка телескопа. Это было значительнымъ успѣхомъ высшей оптики.

Самое большое стекло, которое до настоящаго времени было приготовлено описаннымъ образомъ, имѣетъ діаметръ въ 36 англійскихъ дюймовъ или около 1 метра. Оно находится на Ликкской обсерваторіи, на горѣ Гамильтонъ, на высотѣ 1286 метровъ въ Сіерра Невада, въ Калифорніи. Этотъ могучій инструментъ, изображеный на слѣдующей таблицѣ, имѣетъ фокусное разстояніе всего 15 метровъ, т. е., въ 4 раза меньше, чѣмъ упомянутый воздушный телескопъ, а между тѣмъ его дѣйствіе изумительно сильнѣе. Рефракторъ еще большей оптической силы, т. е. отверстія объектива, приготовленъ для Чикаго. Стекло этого рефрактора имѣетъ въ діаметрѣ 40 дюймовъ или немного больше 1 метра; длина трубы 18 метровъ.

Въ телескопѣ оптическая часть самая главная; но онъ имѣетъ тоже много остроумныхъ механическихъ приспособленій, служащихъ для легкаго движенія его, для отысканія наблюдаемаго предмета и для тонкихъ измѣреній видимой величины предметовъ. Но всѣ эти вспомогательныя средства, частью крайне важныя для высшихъ цѣлей астрономической науки, здѣсь еще не интересуютъ насъ. Въ этой первой части нашей книги мы



Мірозданіе. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Большой рефракторъ 36-ти дюймоваго отверстія и 15 метр. фокуснаго разстоянія на Ликской обсерваторіи (гора Гамильтонъ) въ Калифорніи.

(Съ фотографіи.)

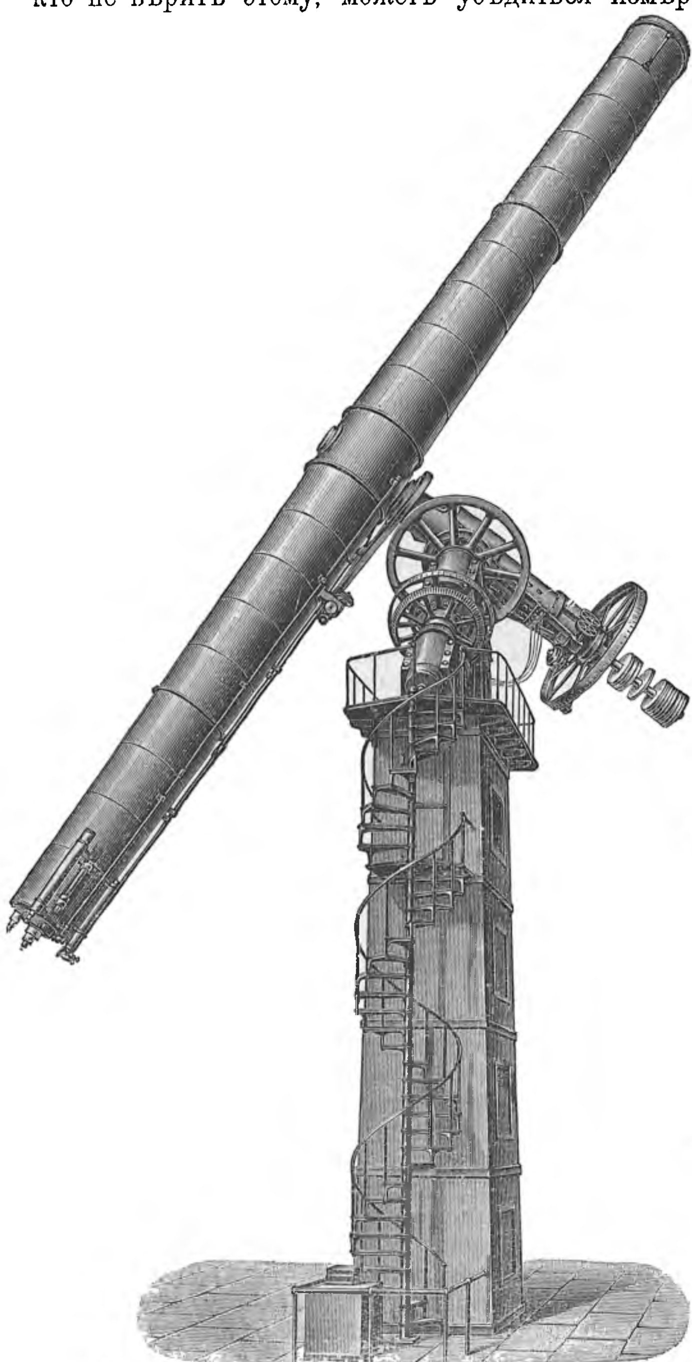
только постараемся посмотрѣть съ помощью телескопа, что можетъ открыть намъ взглядъ на небесныя тѣла относительно ихъ природы. Позже, во второй части мы думаемъ прослѣдить высшій порядокъ, связывающій всѣ эти отдѣльныя единицы вселенной въ одно великое цѣлое. Для этого мы должны слѣдить за движеніями небесныхъ тѣлъ, а для этой цѣли необходимы точныя измѣренія и тѣ вспомогательные приборы, которые при всей ихъ внѣшней сложности служатъ для простыхъ, но важныхъ отправленій.

Пока мы будемъ считать нашу цѣль достигнутою, если предыдущія разъясненія привели насъ къ убѣжденію, что телескопъ дѣйствительно надежный мостъ, который переведетъ насъ чрезъ большую часть пространства, отдѣляющаго насъ отъ свѣтилъ. Прежде всего важно убѣдиться, что телескопъ не можетъ дать ложнаго, искаженнаго или вообще невѣрнаго изображенія наблюдаемаго предмета. Что касается астрономическихъ объектовъ, то вѣдь у насъ нѣтъ никакого контроля: мы должны вполнѣ положиться на тѣ вѣсти, что доходятъ до насъ чрезъ посредство телескопа.

При зеркальномъ телескопѣ, какъ извѣстно, мы не можемъ быть вполнѣ увѣрены, что видимые предметы не искажаются. Если вогнутое зеркало, взятое для зрительной трубы, отшлифовано не вполнѣ точно по даннымъ указаніямъ, то хотя оно и будетъ давать отчетливое изображеніе, однако не будетъ передавать вполнѣ правильно естественной формы предмета. Предметъ явится вытянутымъ въ длину или ширину, и небесное тѣло будетъ казаться, сплющеннымъ, чего нѣтъ въ дѣйствительности. Но современный рефракторъ такого ошибочнаго изображенія не можетъ дать ни въ какомъ случаѣ. Чтобы понять это, припомнимъ, что въ подобномъ инструментѣ участвуютъ одновременно четыре поверхности: двѣ поверхности флинтгласа и двѣ — кронгласа, всѣ четыре различной кривизны. Для того, чтобы эти четыре поверхности совокупно могли дать отчетливое и тѣмъ не менѣе неправильное изображеніе, всѣ онѣ должны быть искривлены совершенно опредѣленнымъ образомъ, но далеко не одинаково. Этого результата не получить при самомъ тонкомъ искусствѣ, а тѣмъ болѣе при простой случайности или при неаккуратной работѣ. Если же оптическія дѣйствія четырехъ поверхностей не согласуются желаемымъ образомъ, что всегда бываетъ при началѣ шлифованія, то одна изъ поверхностей даетъ иное изображеніе и на иномъ мѣстѣ, чѣмъ остальныя. Въ результатѣ получится неотчетливое изображеніе. Это значитъ, что поверхности требуютъ исправленія. Наконецъ послѣ нѣсколькихъ мѣсяцевъ, а при большихъ стеклахъ и нѣсколькихъ лѣтъ работы телескопъ даетъ совершенно отчетливое изображеніе. Тогда можно быть вполнѣ увѣреннымъ, что это изображеніе совершенно точное, въ предѣлахъ чувствительности нашего глаза при взятомъ увеличеніи. Только относительно окраски нельзя опредѣленно положиться на показанія рефрактора. Извѣстно, что увеличительныя стекла разсѣиваютъ цвѣта, и только при помощи сложныхъ срединъ въ ахроматическомъ телескопѣ можно получить вновь ихъ соединеніе и то неполное, а только частичное. Большіе телескопы послѣдняго времени по нѣкоторымъ практическимъ основаніямъ обыкновенно компенсируютъ на менѣе преломляемую часть спектра, т. е. фіолетовые лучи въ нихъ преобладаютъ. Поэтому они даютъ изображенія съ легкимъ фіолетовымъ оттѣнкомъ, который можетъ измѣнять слабую окраску тона предметовъ. Въ этомъ отношеніи рефлекторъ, т. е. вогнутое зеркало до сихъ поръ имѣетъ рѣшительное преимущество передъ рефракторомъ, такъ какъ, мы знаемъ, онъ не разлагаетъ цвѣтовъ. Итакъ для передачи цвѣтовъ надежнѣе рефлекторы; для передачи формъ — рефракторы.

Всѣ зрительные инструменты тѣмъ больше приближаютъ къ намъ свѣтила, чѣмъ больше они увеличиваютъ. На земныхъ предметахъ это легко доказать съ полной достовѣрностью. Видимая величина всякаго предмета

увеличивается въ точной зависимости отъ нашего приближенія къ нему; кто не вѣритъ этому, можетъ убѣдиться измѣреніемъ. Если, напримѣръ, мишень на разстояніи 10 метровъ кажется такой величины, что ее можно закрыть монетой въ десять пфенниговъ, (по величинѣ = 25 коп., четвер такъ), которую мы держимъ передъ глазомъ на разстояніи яснаго зрѣнія, то мы должны взять кружокъ какъ разъ вдвое меньшей величины, чтобы покрыть ту же мишень, когда мы отойдемъ на 20 метр., втрое меньше, если отойдемъ на разстояніе втрое большее и т. д. Если мы увеличиваемъ небесное тѣло въ пятьсотъ разъ, то это равносильно нашему приближенію къ нему на разстояніе въ пятьсотъ разъ меньшее дѣйствительнаго разстоянія. Напримѣръ, разстояніе луны отъ насъ равно 50,000 миль; телескопъ съ увеличеніемъ въ пятьсотъ разъ уменьшаетъ это разстояніе до 100 миль. Итакъ телескопъ помогъ намъ перекинуть по направленію къ лунѣ мостъ, имѣющій въ длину не менѣе 49900 миль. Но къ сожалѣнію онъ оканчивается въ пустомъ пространствѣ; послѣднія 100 миль мы должны перелетѣть своимъ воображеніемъ, внѣшнія чувства отказываютъ намъ въ своей помощи.



40 дюймовый рефракторъ обсерваторіи Іеркса въ Чикаго (съ фотографіи).

Понятно, прилагаются всѣ усилія, чтобы удлинить этотъ мостъ еще болѣе и въ концѣ концовъ по крайней мѣрѣ остающіяся 100 миль довести до незначительныхъ размѣровъ. Этого можно достигнуть только повышеніемъ увеличительной силы телескопа. Чтобы приблизиться къ лунѣ на разстояніе мили, мы должны создать телескопъ, увеличивающій въ пятьдесятъ тысячъ разъ. Теоретически казалось, что этого можно очень просто

достигнуть при достаточномъ повышеніи увеличительной силы окуляра. Изображеніе предмета, такъ разсуждали, получается, вѣдь, въ фокусѣ объектива. Стоитъ только ставить микроскопъ на микроскопъ, и изображеніе будетъ все больше и больше. Всѣ вѣроятно, помнятъ, что одинъ французскій мечтатель надѣялся такимъ образомъ устроить телескопъ, который приблизилъ бы къ намъ луну на разстояніе 1 метра. Но увеличеніе астрономическихъ предметовъ встрѣчаетъ преграду въ томъ, что одновременно ослабѣваетъ сила свѣта увеличеннаго изображенія. Чтобы повысить также силу свѣта, надо было бы въ концѣ концовъ довести размѣры объектива до сказочныхъ предѣловъ. Для того, чтобы выполнить планъ француза, пришлось бы взять стекло съ поперечникомъ въ полкилометра и построить телескопъ по крайней мѣрѣ въ десять разъ больше Эйфелевой башни.

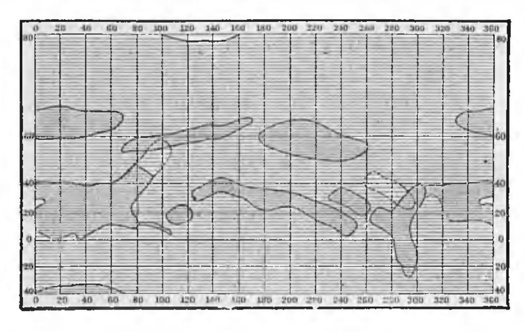
Правда современные инженеры гордо заявляютъ, что теперь нѣтъ болѣе техническихъ трудностей. Предположимъ, что этотъ грандіозный планъ удался, и оптическій мостъ, который уменьшилъ разстояніе луны отъ насъ до одного метра, перекинутъ. Въ звѣздный вечеръ мы первый разъ направляемъ нашъ взоръ къ нашему вѣрному спутнику. Какъ велико было бы наше смущеніе въ первый моментъ, и какъ глубоко были бы мы въ концѣ концевъ разочарованы: мы увидѣли бы, что передъ нашими глазами все время кружится въ безпорядкѣ масса облакообразныхъ неясныхъ предметовъ. Въ первый моментъ мы приняли бы это за жизнь на поверхности луны или за облака, которыя проносятся надъ ней. Но скоро мы убѣдились бы, что видимъ ничто иное, какъ нашу собственную атмосферу, которая окружаетъ насъ плотнымъ вѣчно движущимся покровомъ.

Это неблагопріятное вліяніе нашей прозрачной воздушной оболочки сказывается очень чувствительно и на большихъ современныхъ телескопахъ. Воздушная оболочка представляетъ добавочныя увеличительныя стекла, которыя природа ставитъ передъ нашими телескопами, такъ какъ воздухъ, какъ прозрачное тѣло, отклоняетъ свѣтовые лучи отъ ихъ прямого направленія. Звѣздные лучи, попадающіе изъ пустого міроваго пространства въ нашу атмосферу, такъ же преломляются, какъ и при вхожденіи въ стекло объектива, только, при малой плотности воздуха, въ менѣе значительной степени. Это явленіе, такъ называемая атмосферная рефракція, точно принимается въ разсчетъ при всѣхъ астрономическихъ изслѣдованіяхъ; позднѣе мы еще будемъ говорить о ней подробнѣе. Если бы атмосфера дѣйствительно всегда была подобна оптическому стеклу, то это обстоятельство не представляло бы при наблюденіи особенныхъ затрудненій, только поглощеніе свѣта было бы значительнѣе, чѣмъ при другихъ условіяхъ. Но, къ несчастью, оказывается, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ очень дурно сплавленнымъ и дурно охлажденнымъ стекломъ. Въ подобныхъ стеклахъ часто замѣчаютъ такъ называемыя струи, мѣста, хотя почти столь же прозрачныя, какъ остальная часть, но пропускающія свѣтъ совершенно иначе и потому искажающія изображенія. Это происходитъ отъ неодинаковой плотности стекла въ данныхъ мѣстахъ, почему лучи и преломляются здѣсь иначе. Въ воздухѣ такія струи еще къ тому же обладаютъ подвижностью. Когда проходитъ подобная воздушная струя, то лучъ свѣта отклоняется отъ своего первоначальнаго направленія, затѣмъ тотчасъ же снова возвращается къ нему; эти состоянія воздуха въ высшей степени непостоянны, поэтому изображенія болѣе или менѣе значительнаго небеснаго предмета при сильномъ увеличеніи телескопа все время волнуются, какъ будто мы имѣемъ дѣло съ жидкостью. Чаще всего такое явленіе наблюдается надъ солнцемъ; это свѣтило является источникомъ нагрѣванія воздуха, и въ связи съ неровностями земной поверхности служитъ причиной постоянныхъ измѣненій въ состояніи нашей атмосферы. Въ телескопъ край солнца часто имѣетъ видъ развѣвающагося разорваннаго флага. Лучи не-

подвижныхъ звѣздъ, кажущихся намъ неподвижными точками безъ видимаго поперечника, при этихъ условіяхъ колеблются по всѣмъ направленіямъ.

Понятно, что это неспокойствіе изображенія представляетъ существенное препятствіе для яснаго видѣнія; болѣе тонкія подробности будутъ совершенно исчезать. Описанный недостатокъ выступаетъ, конечно, тѣмъ сильнѣе, чѣмъ значительнѣе увеличенія, ибо искаженія усиливаются по мѣрѣ того, какъ увеличиваются изображенія. Это неблагопріятное дѣйствіе усиливается еще благодаря значительной оптической силѣ большихъ телескоповъ, такъ какъ измѣненіе въ яркости, вызываемое воздушными струями, дѣлается болѣе замѣтнымъ. Отсюда становится понятнымъ и тотъ странный фактъ, что въ отношеніи яснаго различенія подробностей на яркихъ предметахъ трубы среднихъ размѣровъ часто далеко превосходятъ современные гигантскіе телескопы. Бросимъ взглядъ на два слѣдующія изображенія планеты Марса. Одно получено Скіапарелли въ Миланѣ при помощи телескопа съ восьмидюймовымъ объективомъ, который въ настоящее время едва можно отнести къ телескопамъ средней величины; другое получено въ то же самое время при помощи самаго большого въ то время рефрактора, именно двадцатичетырехдюймоваго вашингтонскаго телескопа. Послѣдній имѣетъ такимъ образомъ стекло въ три раза больше, а слѣдовательно, разсуждая теоретически, и въ три раза большую оптическую силу. Но какъ много подробностей увидѣлъ миланскій изслѣдователь сравнительно съ американскимъ.

Правда, размѣры объектива представляютъ только одно изъ многихъ обстоятельствъ, соединившихся здѣсь; лучшее состояніе воздуха въ Миланѣ и наконецъ — самое важное — опытный глазъ Скіапарелли представляли важнѣйшія условія для благопріятныхъ результатовъ. Самъ названный изслѣдователь сдѣлалъ интересныя наблюденія по этому вопросу. Въ награду за многія важныя открытія Скіапарелли, о которыхъ намъ часто еще придется говорить, въ его распоряженіе былъ предоставленъ восемнадцатидюймовый рефракторъ помимо только что упомянутаго восьмидюймоваго. Но, какъ и ожидалъ самъ Скіапарелли, въ телескопъ въ пять разъ сильнѣйшій и притомъ самаго лучшаго качества онъ увидалъ далеко не такъ много подробностей на хорошо знакомомъ ему Марсѣ, какъ въ старый маленькій рефракторъ. Только современемъ могъ онъ и съ новымъ инструментомъ получить хорошіе результаты. Чѣмъ больше объективъ, тѣмъ рѣже для него встрѣчается достаточно спокойное и однородное состояніе воздуха, которое дѣлаетъ возможнымъ ясное видѣніе. Итакъ, большіе телескопы для подробныхъ наблюденій надъ яркими небесными тѣлами можно употреблять гораздо рѣже, чѣмъ малые.

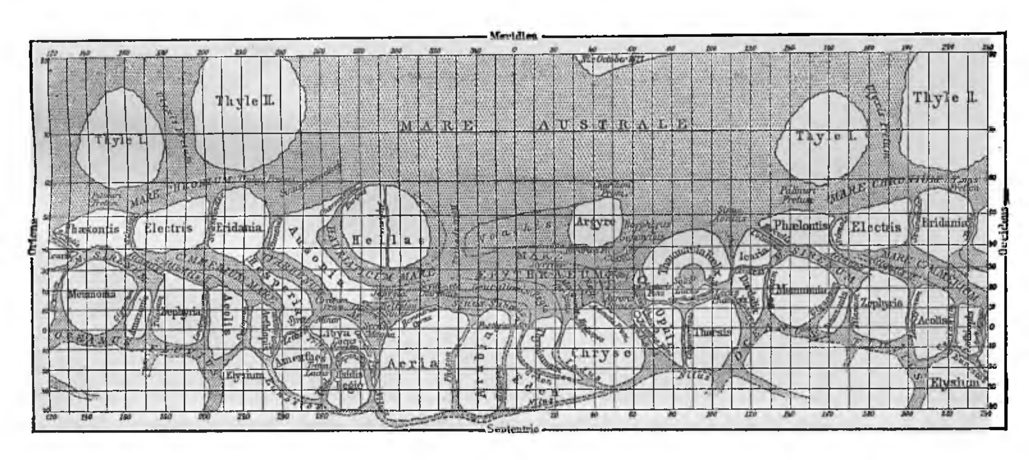


Марсъ по Вашингтонскимъ наблюденіямъ 1877 года. Фламмаріонъ, „La planète Mars".

Вообще хорошее состояніе воздуха самое существенное условіе для успѣшныхъ астрономическихъ изслѣдованій, а для этого требуется не только безоблачное небо. Частодля простого глаза небо кажется совершенно яснымъ, но взглядъ въ телескопъ тотчасъ насъ убѣждаетъ, что воздухъ въ болѣе высокихъ слояхъ надъ нашей головой находится въ быстромъ движеніи, что между нами и разсматриваемымъ небеснымъ тѣломъ проносятся воздушныя струи, вслѣдствіе чего это тѣло кажется безпокойно движущимся. Особенно, когда звѣзды очень красиво мерцаютъ и какъ бы приглашаютъ къ

наблюденію надъ ними, условія для телескопическихъ наблюденій оказываются неподходящими; это мерцаніе есть именно слѣдствіе такого сильнаго колебанія свѣтовыхъ лучей, что оно уже замѣтно простому глазу. Но часто звѣзды кажутся для простого глаза совершенно спокойными, и даже астрономъ съ его опытнымъ глазомъ обманывается, пока не направитъ свой телескопъ на небо. Но если при этомъ случайно окажется, что верхніе слои атмосферы находятся въ безпокойномъ состояніи, то это служитъ почти вѣрнымъ признакомъ наступающей дурной погоды. Но за то, когда дурная погода прекратится и послѣ сильнаго дождя съ грозой опять наступитъ равновѣсіе воздуха, а также благодаря дождю установится равномѣрная температура, и воздухъ по возможности очистится отъ пыли, тогда прояснившаяся воздушная оболочка въ теченіе цѣлыхъ часовъ дозволяетъ астроному такъ глубоко заглянуть въ тайны неба, что ему легко удается сдѣлать открытія за открытіями.

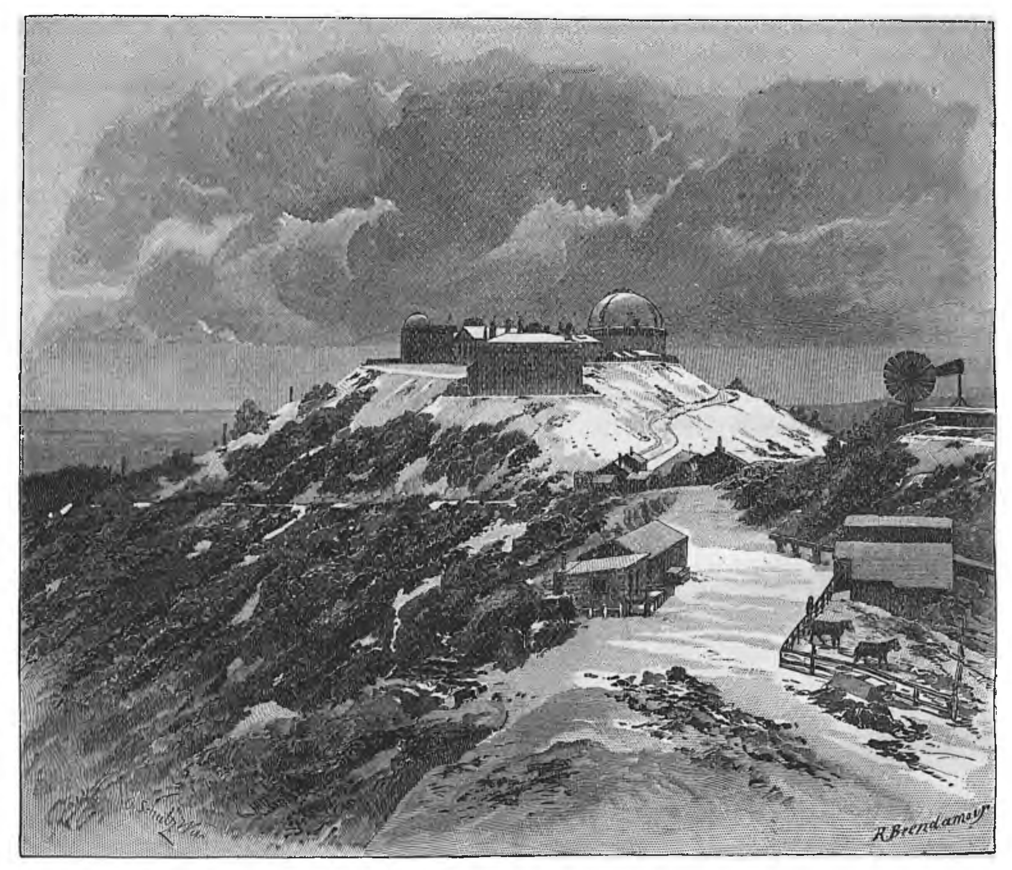
Зато случайный посѣтитель обсерваторіи бываетъ очень обманутъ, если ему удастся посмотрѣть въ большой телескопъ. Вечерами, когда открытъ доступъ въ обсерваторію, воздухъ вслѣдствіе сильнаго охлажденія при наступленіи ночи очень рѣдко бываетъ на столько спокоенъ, чтобы неопытному глазу удалось безпрепятственно дѣлать наблюденія; во всякомъ случаѣ изъ тѣхъ удивительныхъ подробностей, изображеніе которыхъ онъ видѣлъ гдѣ-нибудь раньше, онъ не увидитъ ни одной. Эти тонкости исключительно результатъ долгаго терпѣливаго выжиданія и особенно благопріятныхъ условій. Вильямъ Гершель, который установилъ свой извѣстный гигантскій телескопъ около Лондона, жаловался, что во весь годъ онъ могъ только въ теченіе очень немногихъ часовъ воспользоваться своимъ громаднымъ инструментомъ съ дѣйствительнымъ преимуществомъ передъ инструментомъ средней силы.



Карта Марса по наблюденіямъ Скіапарелли 1877 года. (Фламмаріонъ, „La planète Mars").

Дѣйствительно, для такого большого инструмента едва ли можно было найти другое столь неблагопріятное мѣсто, какъ окрестности Лондона, этого громаднаго города съ его знаменитыми туманами. Именно въ виду тѣхъ трудностей, какія представляетъ воздухъ для правильнаго наблюденія, въ послѣднее время прилагаютъ особую заботливость при выборѣ подходящаго мѣста для установки большого телескопа. Конечно, въ этомъ отношеніи большое преимущество представляютъ высокія горы. Тамъ большая часть вредныхъ вліяній атмосферы устраняется; наиболѣе плотные, наиболѣе безпокойные и наиболѣе туманные слои лежатъ ниже наблюдателя; надъ нимъ

равномѣрно движущіяся и равномѣрно нагрѣтыя области воздушнаго покрова нашей планеты. Въ этомъ смыслѣ въ наиболѣе благопріятномъ положеніи между всѣми большими современными телескопами находится величайшій въ мірѣ телескопъ Ликской обсерваторіи на горѣ Гамильтонъ (см. изображеніе на стр. 36). Правда онъ помѣщенъ не на очень высокой горѣ (ок. 200 м. выше Брокена, и только пятая часть атмосферы лежитъ подъ нимъ), но особенно выгоднымъ условіемъ является здѣсь близость моря, регулирующаго тепло; кромѣ того, устройство поверхности этой мѣстности поддерживаетъ равномѣрное движеніе воздуха. Отъ самаго берега Тихаго Океана поднимается возвышенность, за ней слѣдуетъ котловина, а далѣе тянется горная цѣпь, которой принадлежитъ гора Гамиль-



Ликская обсерваторія на горѣ Гамильтонъ въ Калифорніи, зимой. По фотографіи.

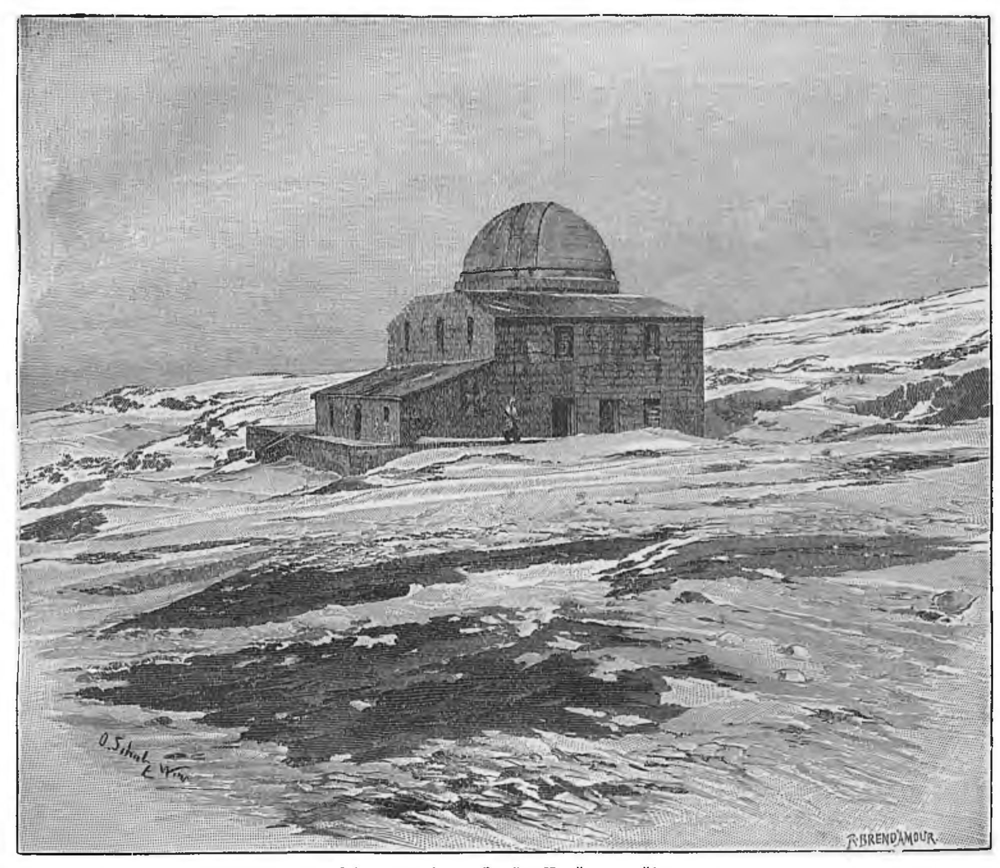
тонъ. Береговыя возвышенности отклоняютъ морской вѣтеръ кверху; онѣ защищаютъ долину Санъ Хозе, которая вслѣдствіе этого имѣетъ гораздо болѣе теплый и сухой климатъ, чѣмъ ближайшая береговая страна Санъ Франциско. Эта долина представляетъ какъ бы печь, отъ которой постоянно поднимаются теплые сухіе токи воздуха по склонамъ горы Гамильтонъ и разсѣиваютъ туманъ, нагоняемый съ моря.

Обсерваторія (см. рис. на стр. 37) на Этнѣ лежитъ только на 350 м. ниже вершины этого сильнаго вулкана, на высотѣ 2942 м. Ближайшій городъ Катанья; отсюда, проѣхавъ въ экипажѣ 12 км. до Николози и затѣмъ еще шесть часовъ верхомъ, часто по неровнымъ полямъ изъ лавы, добираются до этой отрѣзанной отъ міра научной обители. Здѣсь невозможно жить

круглый годъ. Только въ наиболѣе благопріятное время года отправляется сюда часть астрономовъ съ обсерваторіи въ Катаньѣ, беря съ собой цѣнный объективъ тамошняго большого телескопа въ 35 см. въ поперечникѣ.

Еще выше на высочайшую точку нашего континента на вершину Монблана (4600 м.) отважились подняться парижскіе астрономы, которые тамъ подъ руководствомъ Жансена построили обсерваторію; она должна служить главнымъ образомъ для спектроскопическихъ цѣлей (см. рис. на стр. 38).

Но высочайшая въ свѣтѣ обсерваторія, работающая круглый годъ, въ настоящее время, есть такъ называемая Boyden-Station около Ареквипы на перуанскомъ плоскогорьѣ на высотѣ 2457 м. Она лежитъ въ тропическомъ



Обсерваторія на Этнѣ. По фотографіи.

поясѣ, гдѣ, какъ извѣстно, звѣзды обоихъ небесныхъ полушарій можно видѣть почти одинаково хорошо. Тамошніе астрономы не могутъ нахвалиться чистотой и спокойствіемъ воздуха надъ ними. Они разсказываютъ, что тамъ легко можно видѣть просто глазомъ звѣзды шестой и седьмой величины, тогда какъ у насъ опытный глазъ съ трудомъ различаетъ звѣзды шестой величины. Это значитъ, что тамъ можно видѣть больше звѣздъ, чѣмъ у насъ, на нѣсколько тысячъ, т. е., почти столько же еще, сколько мы можемъ ихъ насчитать здѣсь на извѣстномъ пространствѣ. Въ группѣ Плеядъ тамъ просто глазомъ видно одиннадцать звѣздъ, у насъ съ трудомъ пять. Извѣстная туманность Андромеды, которая здѣсь видна только въ совершенно ясныя ночи въ видѣ тусклой массы, мерцающей изъ темноты неба;

тамъ кажется больше луны; блестящее явленіе зодіакальнаго свѣта очень рѣдко у насъ, тамъ же каждую ночь оно такъ напряженно, что перуанскіе ассистенты обсерваторіи принимали его за млечный путь. Конечно, эта необычайная прозрачность воздуха выгодна и для телескопическихъ изображеній, такъ какъ можно видѣть соотвѣтственно больше предметовъ, чѣмъ просто глазомъ. Въ телескопъ края яркихъ небесныхъ тѣлъ тамъ рѣдко кажутся волнующимися даже при увеличеніи въ 400 разъ; и дѣйствительно эта обсерваторія, дѣйствующая только нѣсколько лѣтъ, дала уже очень цѣнные результаты для изученія Марса, на нихъ мы позже еще остановимся подробно.

Благодаря поднятію надъ болѣе глубокими туманными слоями атмосферы, были устранены указанные недостатки большихъ стеколъ, однако



Обсерваторія на Монбланѣ. По фотографіи.

остаются нѣкоторыя явленія, которыя не наблюдаются при стеклахъ среднихъ размѣровъ. Въ этомъ отношеніи прежде всего нужно упомянуть иррадіацію. Извѣстно, что при одинаковой величинѣ бѣлые предметы всегда кажутся больше черныхъ; это можно ясно видѣть (см. рис. стр. 39) на двухъ совершенно равныхъ кружкахъ. На нашей сѣтчаткѣ свѣтъ отчасти захватываетъ мѣсто, занятое тѣнью. Это тоже самое явленіе и происходитъ отъ тѣхъ же причинъ, какъ и явленіе, часто наблюдаемое фотографомъ на его пластинкахъ, если онъ дѣлаетъ снимокъ на яркомъ свѣтѣ, и при этомъ слишкомъ долго экспонируетъ пластинку. Свѣтъ тогда буквально внѣдряется въ тѣнь. Фотографъ можетъ этого избѣжать, ослабивъ достаточно свѣтъ при помощи діафрагмъ объектива. Очень тонкія черныя линіи на астрономическихъ предметахъ, какъ напр., каналы Марса могутъ быть совершенно покрыты свѣтомъ, когда сосѣднія мѣста посылаютъ лучи черезъ

слишкомъ свѣтосильное стекло. Въ такомъ случаѣ единственное средство — поступить подобно фотографу, т. е. прикрыть объективъ діафрагмой, благодаря чему телескопъ сводится на степень соотвѣтственнаго малаго телескопа и даетъ не много болѣе, чѣмъ послѣдній.

Другое неудобство большихъ стеколъ это ихъ неабсолютная жесткость. Какъ ни мало гибкимъ кажется намъ стекло, — однако нѣтъ абсолютныхъ свойствъ, когда мы доходимъ до той степени точности, къ которой стремится астрономъ. По самому характеру своего назначенія объективы всегда должны быть толще въ рединѣ. Большія стекла объективовъ вѣсятъ теперь нѣсколько сотенъ килограммовъ, и главная тяжесть лежитъ въ срединѣ; тонкіе края нѣсколько прогибаются, и стекло пріобрѣтаетъ отъ этого иную форму, чѣмъ та, какая была дана при шлифовкѣ; при томъ же форма эта вообще измѣняется при всякомъ положеніи телескопа; а мы знаемъ, что при неполномъ соотвѣтствіи поверхностей стекла получается неотчетливое изображеніе.



Зрительная иллюзія вслѣдствіе иррадіаціи.

Если мы сопоставимъ все вышесказанное, то въ результатѣ окажется, что для подробнаго наблюденія надъ свѣтлыми небесными тѣлами большіе телескопы не могутъ имѣть передъ телескопами средней силы столь существеннаго преимущества. Но за то при изслѣдованіи слабосвѣтящихся предметовъ они всегда превосходятъ малые телескопы, даже въ отношеніи изслѣдованія подробностей. Но когда мы имѣемъ дѣло съ какимъ нибудь предметомъ, не поддающимся наблюденію вслѣдствіе слабаго свѣта, въ такомъ случаѣ прежде всего необходимо усилить его яркость, чтобы вообще видѣть на немъ что-нибудь. Тогда какъ средніе телескопы съ извѣстной выгодой перекидываютъ небольшіе мосты, приближающіе насъ къ мірамъ нашей родной солнечной системы, а также помогаютъ намъ изучить общія черты великаго мірового цѣлаго, самые могущественные современные телескопы, истинные ключи отъ неба, открываютъ отдаленнѣйшія глубины небеснаго пространства и показываютъ, что и у послѣднихъ предѣловъ, доступныхъ нашему познанію, все еще тѣснятся міры за мірами, теряясь въ концѣ концевъ въ видѣ тусклаго покрова во биракѣ неизслѣдуемаго. И не только черезъ пространство ведутъ эти гигантскіе мосты нашихъ современныхъ зрительныхъ инструментовъ; они перекинуты также и черезъ время.

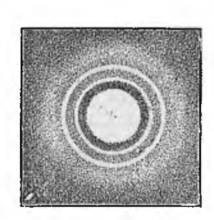
То, что мы видимъ въ телескопъ, эти свѣтовыя депеши, которыя мы можемъ разобрать только при помощи инструментовъ, собирающихъ свѣтъ, въ большинствѣ случаевъ вышли съ тѣхъ далекихъ міровъ сотни и тысячи лѣтъ тому назадъ, пока наконецъ мы получили ихъ на нашей маленькой землѣ. Телескопъ даетъ намъ не только вѣрную картину совокупности всѣхъ міровъ, но и разсказываетъ намъ также исторію вселенной. Мы видимъ тамъ возникновеніе и гибель міровъ, какъ у насъ мы наблюдаемъ разцвѣтъ и созрѣваніе, зиму и весну.

Но послѣднихъ глубинъ могутъ достигнуть только наши самые большіе инструменты. Чтобы далѣе проникнуть въ пространство и время, необходимо строить все болѣе и болѣе сильные телескопы. Но для того, чтобы лучше изучить болѣе интимныя черты нашего тѣснаго солнечнаго царства, не требуются, къ счастью, такихъ громадныхъ инструментовъ, стоящихъ милліоны; до этихъ родственныхъ сосѣднихъ міровъ и частный человѣкъ можетъ перекинуть оптическій мостъ, который дастъ ему возможность устраивать тамъ не только прогулки для собственнаго удовольствія, но и предпринимать путешествія съ научной цѣлью. Эти путешествія обогатятъ науку новыми важными данными. Очень часто астрономія была обязана цѣнными успѣхами разумной и правильно поставленной работѣ любителей, хотя послѣдніе были вооружены только малыми зрительными трубами.

Мы видѣли, съ какими выгодами можно пользоваться телескопами, чтобы разбирать свѣтовыя депеши, приносимыя намъ изъ далекихъ міровъ неба колеблющимися атомами. Такъ какъ нашъ глазъ оказался для этого недостаточнымъ, и поэтому мы прибѣгли къ инструментамъ, приготовленнымъ рукой человѣка, то вполнѣ понятно, что при изслѣдованіи всегда будутъ примѣшиваться извѣстные источники ошибокъ; и прежде чѣмъ строить дальнѣйшія заключенія на томъ, что мы видимъ въ телескопъ, необходимо эти ошибки отнести къ ихъ истиннымъ причинамъ.

Источники этихъ ошибокъ еще не исчерпываются всѣмъ вышесказаннымъ. Даже при вполнѣ спокойномъ воздухѣ и наибольшемъ совершенствѣ оптическихъ приборовъ, изображеніе, напр., неподвижной звѣзды кажется не согласно съ дѣйствительностью и можетъ дать поводъ къ серьезному заблужденію. Позже мы найдемъ достаточно доказательствъ того, что даже ближайшія изъ неподвижныхъ звѣздъ все-таки отстоятъ отъ насъ въ нѣсколько сотъ тысячъ разъ дальше, чѣмъ наше солнце. Не смотря на это, онѣ представляются въ телескопъ въ видѣ кружковъ съ замѣтнымъ поперечникомъ. Если бы этотъ поперечникъ дѣйствительно соотвѣтствовалъ этимъ звѣздамъ, то легко можно бы было вычислить, что онѣ должны быть гораздо больше нашего солнца. И такъ какъ нѣтъ сомнѣнія, что онѣ дѣйствительно суть солнца вродѣ нашего, то пришлось бы сдѣлать выводъ, что мы живемъ въ одной изъ самыхъ маленькихъ обиженныхъ природой солнечныхъ системъ. Само по себѣ это возможно; но въ дѣйствительности дѣло обстоитъ совсѣмъ иначе. Примѣняя различныя увеличенія, мы найдемъ, что всѣ подробности на солнцѣ, лунѣ, планетахъ и туманныхъ пятнахъ, безконечно удаленныхъ отъ насъ, но въ телескопъ имѣющихъ видимое протяженіе, какъ и надо ожидать, являются увеличенными; тогда какъ изображенія неподвижныхъ звѣздъ при этихъ условіяхъ не испытываютъ увеличенія, а наоборотъ чѣмъ сильнѣе употребляемый телескопъ, тѣмъ звѣзды замѣтно кажутся меньше.

Это указываетъ на то, что мы имѣемъ дѣло съ зрительной иллюзіей, причину которой, конечно, очень важно изслѣдовать, такъ какъ она, очевидно, даетъ ложные факты. Одна изъ причинъ прямо вытекаетъ изъ предыдущаго: это иррадіація. Чѣмъ ярче точка, дающая изображеніе на нашей сѣтчаткѣ, тѣмъ сильнѣе она будетъ закрывать сосѣднія мѣста, образуя кружекъ. Но такъ какъ и слабосвѣтящіяся звѣзды, у которыхъ иррадіація конечно не можетъ дѣйствовать съ достаточной силой, имѣютъ поперечникъ, то надо искать еще другихъ причинъ. Другая причина заключается въ тэмъ свойствѣ оптическихъ поверхностей объектива, которое мы уже знаемъ подъ именемъ сферической аберраціи. Края стекла имѣютъ иной фокусъ, чѣмъ средина. Вслѣдствіе этого изображенія звѣзды не собираются въ одномъ мѣстѣ, а располагаются вокругъ нѣкоторой средней точки и въ совокупности даютъ видимый звѣздный дискъ.


Кольца интерференціи.

Но тщательныя наблюденія при очень благопріятныхъ атмосферическихъ и оптическихъ условіяхъ показываютъ, что изображеніе неподвижной звѣзды сопровождается другимъ замѣчательнымъ явленіемъ, которое никоимъ образомъ нельзя объяснить обѣими вышеприведенными причинами: это такъ называемыя кольца интерференціи. Данный рисунокъ изображаетъ это явленіе, конечно, значительно преувеличенное, такъ какъ здѣсь, какъ и при кажущемся поперечникѣ звѣздъ, приходится имѣть дѣло съ очень ничтожными величинами. Эти цвѣтныя кольца есть результатъ отклоненія или такъ называемой диффракціи свѣта, которая происходитъ не въ самыхъ стеклахъ, но на ихъ металлическихъ оправахъ и на краяхъ діафрагмъ; послѣднія вставляютъ въ трубу, чтобы устранить обрат-

ное отраженіе свѣта между объективомъ и окуляромъ, а также и исключить лучи, преломленные краями объектива, такъ какъ опыты показали, что эти части отшлифованы всегда менѣе точно. Явленіе диффракціи лучей можно ясно замѣтить въ видѣ ряда колецъ быстро убывающей яркости, концентрически окружающихъ собственное изображеніе звѣзды и раздѣленныхъ другъ отъ друга темными, но не отчетливо ограниченными промежутками. Первое самое яркое кольцо лежитъ непосредственно вокругъ звѣзды и даетъ ей видъ кружка. Конечно, эти явленія интерференціи у различныхъ предметовъ ничѣмъ не отличаются другъ отъ друга: всякій лучъ свѣта, безразлично отъ какого предмета онъ идетъ, будетъ совершенно также преломляться по краямъ телескопа. Отсюда слѣдуетъ, что и остальныя небесныя тѣла должны давать цвѣтныя кольца, и если ихъ большей частью не наблюдаютъ, то происходитъ это главнымъ образомъ отъ того, что свѣтъ этихъ тѣлъ слишкомъ ярокъ, вслѣдствіе чего преобладаетъ иррадіація. Тонкія кольца пропадаютъ за иррадіаціей. Въ дѣйствительности оба вліянія, иррадіація и интерференція, должны очевидно увеличивать въ телескопѣ поперечникъ всѣхъ небесныхъ тѣлъ.

Очень важно изслѣдовать эти источники ошибокъ, а также опредѣлить количественно ихъ вліяніе, что до сихъ поръ еще вовсе не удается въ достаточной степени. Мы знаемъ только, что для поперечниковъ всѣхъ небесныхъ тѣлъ получаются слишкомъ большія величины, но что опредѣленіе тѣмъ ближе къ истинѣ, чѣмъ больше отверстіе объектива, ибо, конечно, тѣмъ меньше процентное отношеніе краевыхъ лучей ко всему количеству свѣта, собраннаго въ фокусѣ. Къ счастью размѣры этого ложнаго увеличенія очень малы; они относятся къ категоріи, лежащей у предѣловъ, доступныхъ человѣческимъ чувствамъ. Тѣмъ не менѣе астрономъ изощряетъ все свое остроуміе, чтобы уничтожить и эти ничтожные источники ошибокъ; и тѣ успѣхи, которыхъ онъ достигаетъ при этой кропотливой работѣ, являются величайшимъ торжествомъ его науки. Съ нѣкоторыми способами, служащими для опредѣленія этихъ ничтожныхъ величинъ, мы еще познакомимся впослѣдствіи.

Къ приведеннымъ здѣсь источникамъ ошибокъ въ телескопѣ относятся также ошибки г л а з а и вообще ошибки субъективныхъ впечатлѣній. Однако мы не станемъ входить здѣсь въ подробности, но при случаѣ всегда будемъ возвращаться къ нимъ. Нужно только сказать вообще, что астрономическое наблюденіе есть искусство, которое не легко изучить. Даже обыкновенному видѣнію, какъ извѣстно, надо учиться. Такъ, напримѣръ, даже самыя понятливыя и зоркія животныя ничего не разбираютъ на картинахъ; разсказъ о воробьяхъ, которые клевали нарисованный виноградъ, конечно мифъ. Даже свое собственное изображеніе въ зеркалѣ домашнія животныя замѣчаютъ очень рѣдко. Это происходитъ, конечно, не отъ недостатка способности къ различенію, а исключительно отъ того, что ихъ наблюдательная способность по отношенію къ предметамъ, не интересующимъ ихъ, слишкомъ поверхностно развита. То же самое замѣчается и на дѣтяхъ. Самыя лучшія картины для нихъ прежде всего не что иное, какъ пестрые листы, безъ смысла раскрашенные. Только постепенно начинаютъ они различать на нихъ предметы, и то сначала не наиболѣе важные, а наиболѣе имъ знакомые. Въ положеніи ребенка находится и неопытный зритель передъ болѣе глубокими тонкостями картины, которыя сейчасъ же бросаются въ глаза художнику. Послѣдній все-таки можетъ помочь намъ понять эти тонкости, если обратитъ наше вниманіе на тѣ или другія детали. Но для астронома это совершенно невозможно, не говоря о томъ, что онъ не можетъ указать намъ пальцемъ на далекіе небесные предметы; нѣкоторыя подробности вслѣдствіе постояннаго движенія воздушной оболочки выступаютъ на одно только мгновеніе; поэтому оріентироваться нѣтъ

никакой возможности. Даже опытные астрономы часто съ трудомъ могутъ разсмотрѣть нѣкоторыя подробности, которыя другой различаетъ сравнительно легко, именно потому, что онъ долгое время занимался соотвѣтственнымъ предметомъ.

На рисункахъ въ этой книгѣ небесные міры изображены такими, какими они представлялись терпѣливому взору астронома въ особенно благопріятные моменты, или же какими они были запечатлѣны при помощи фотографіи.

---

3. Фотографія неба.

Фотографическую камеру сравнивали съ глазомъ и утверждали, что она можетъ замѣнить глазъ. Но это сравненіе, какъ и всякое другое, не точно. Фотографія можетъ только перенести на другое время работу нашего глаза, во всякомъ случаѣ неизбѣжную, удлинить или же укоротить ее и сдѣлать ее въ извѣстномъ смыслѣ болѣе напряженной, такъ же точно, какъ это со своей стороны дѣлаетъ телескопъ. Но вѣдь въ концѣ концовъ всѣ наши знанія о небесныхъ мірахъ проникаютъ въ нашъ умъ посредственно или непосредственно путемъ нашего зрѣнія. Фотографическая пластинка, схватывающая быстрѣе нашего глаза, въ извѣстной степени играетъ роль микроскопа не для пространства, но для времени, и вмѣстѣ съ тѣмъ роль памяти, которая сколько угодно времени сохранитъ впечатлѣнія, не ослабляя ихъ.

Колебанія эфирныхъ атомовъ, вызывающія въ нашемъ мозгу ощущеніе свѣта, на чувствительной пластинкѣ оставляютъ впечатлѣніе болѣе продолжительное, чѣмъ на сѣтчаткѣ; пластинка записываетъ, сколько впечатлѣній достигло до насъ и черезъ какіе промежутки времени. Хотя она даетъ намъ только число и положеніе изображеній, но не характеръ колебаній, т. е., хотя она отпечатываетъ только фигуру небесныхъ тѣлъ, проектированную на плоскости и указываетъ на силу свѣта, а не на окраску ихъ, но для нашей цѣли это не составляетъ существеннаго недостатка, потому что въ спектральномъ анализѣ мы имѣемъ средство, дающее намъ возможность изслѣдовать цвѣтовые оттѣнки звѣзднаго свѣта съ точностью, о которой прежде не подозрѣвали.

Во многихъ отношеніяхъ однако сравненіе глаза съ фотографическимъ аппаратомъ отвѣчаетъ дѣйствительности. Можно даже идти еще дальше и сравнивать глазъ не только съ камерой—обскурой, но и съ темной препаровочной комнатой фотографа. Дѣйствительно, въ глазѣ кромѣ оптическихъ процессовъ совершаются также и химическіе. Послѣдніе, вѣроятно, въ принципѣ согласуются съ тѣми, которые мы производимъ для фиксированія свѣтовыхъ отпечатковъ на экспонируемыхъ пластинкахъ. На томъ мѣстѣ сѣтчатки, куда хрусталикъ проектируетъ изображеніе, черезъ извѣстные промежутки времени появляется своеобразная пурпуровая жидкость,— зрительный пурпуръ, который, безъ сомнѣнія, чувствителенъ къ свѣту, хотя его химическій составъ еще не опредѣленъ. Этимъ объясняется, почему нашъ глазъ лучше можетъ видѣть, если онъ предварительно находился въ полномъ покоѣ. Еще одно обстоятельство сближаетъ нашъ глазъ съ камерой, это расширеніе нашего зрачка, которое совершается само собою, когда въ глазъ попадаетъ мало свѣта. Зрачекъ замѣняетъ нашему глазу діафрагму фотографа. Также точно и ночью, когда зрачекъ не измѣняетъ своего отверстія, мы видимъ значительно лучше и ощущаемъ очень слабыя свѣтовыя

впечатлѣнія, если предварительно держали глаза нѣкоторое время закрытыми. Астрономъ прибѣгаетъ къ этому очень часто, давая глазамъ полный покой на 10—20 минутъ. За это время зрительный пурпуръ появляется вновь въ изобиліи: фотографическая пластинка глаза покрывается такимъ образомъ особенно толстымъ чувствительнымъ слоемъ.

Природа осталась при системѣ мокрыхъ пластинокъ, устарѣвшей въ фотографической практикѣ; вообще въ живомъ организмѣ сухіе процессы немыслимы. Какое, однако, большое преимущество имѣютъ сухія пластинки передъ влажными. Та помощь, которую оказываетъ фотографія наукѣ, была бы невозможна съ мокрыми пластинками.

Сухая пластинка, изобрѣтенная Меддоксомъ въ 1871 году, можетъ суммировать свѣтовыя дѣйствія въ теченіе очень широкихъ предѣловъ времени; для мокрой пластинки эти предѣлы очень узки, а въ глазу maximum дѣйствія достигается почти моментально. Въ этомъ лежитъ существенная разница между глазомъ и фотографическимъ аппаратомъ. Чего глазъ не можетъ видѣть тотчасъ же, того онъ не видитъ и по истеченіи секунды или минуты; наоборотъ долгое смотрѣніе на одну и ту же точку утомляетъ глазъ, и онъ видитъ все менѣе отчетливо. Сухая пластинка отмѣчаетъ, по крайней мѣрѣ въ широкихъ границахъ времени, всѣ падающія на нее волны свѣта и говоритъ намъ при помощи изображеній, сколько этихъ небесныхъ гонцовъ достигло въ опредѣленное время каждой точки ея чувствительной поверхности. Но изъ прежнихъ разсужденій мы знаемъ, что именно это опредѣленіе количества свѣта, посылаемаго къ намъ свѣтилами, представляетъ основаніе, на которомъ мы строимъ наше знаніе вселенной. До открытія спектральнаго анализа это основаніе было даже единственнымъ.

Какъ же производится этотъ счетъ фотографической пластинкой? Чтобы отвѣтить на этотъ важный вопросъ, разсмотримъ поближе, что происходитъ на пластинкѣ во время экспозиціи. Какъ извѣстно, на ней находится серебряная соль, обладающая свойствомъ разлогаться подъ вліяніемъ свѣта; послѣ дальнѣйшей химической обработки, которая насъ здѣсь не интересуетъ, осаждается металлическое серебро въ видѣ тонкаго чернаго порошка. Но свѣточувствительное вещество не лежитъ равномѣрно на пластинкѣ въ видѣ сплошной массы, а распредѣлено въ такъ называемой *эмульсіи* въ видѣ тонкихъ зернышекъ, связанныхъ между собою веществомъ, способнымъ образовать прочную пленку на стекляной пластинкѣ. Раньше для этого брали коллодіумъ, теперь желатину. Въ самомъ процессѣ это вещество играетъ совсѣмъ второстепенную роль. Такъ какъ зернышки, заключающія серебро, чернѣютъ только тогда, когда свѣтовыя колебанія разложатъ ихъ на элементы, то фотографическое изображеніе состоитъ изъ тончайшихъ точекъ, имѣющихъ совершенно одинаковый оттѣнокъ окраски, и только болѣе тѣсное или болѣе рѣдкое ихъ распредѣленіе производитъ оттѣнки, какіе получаются при кропотливой работѣ рѣзьбы на стали или при нѣкоторыхъ способахъ рѣзьбы на деревѣ. Разстоянія между зернышками на фотографической пластинкѣ такъ малы, что ихъ можно только съ трудомъ разсмотрѣть при большихъ увеличеніяхъ. Они опредѣляются приблизительно шеститысячными долями миллиметра. Само по себѣ существованіе этихъ зеренъ не приноситъ ущерба, ибо нашъ глазъ обладаетъ подобной же зернистостью. Онъ разлагаетъ весь міръ на окрашенную мозаику. Строго говоря, міръ не только кажется мозаикой, но и на самомъ дѣлѣ таковъ. Передъ нашими умственными взорами всѣ предметы, которые мы въ нашемъ стремленіи къ единству, привыкли разсматривать какъ одно цѣлое, разлагаются на миріады самостоятельныхъ атомовъ, сохраняющихъ взаимное расположеніе только благодаря временной связи. Слѣдовательно, и отъ небесныхъ тѣлъ, составъ которыхъ мы изслѣдуемъ при помощи телескопа и

чувствительныхъ пластинокъ, идетъ къ намъ вовсе не сплошной потокъ свѣта. Хотя намъ и никогда не удается различить нашимъ тѣлеснымъ взглядомъ эту тончайшую мозаику атомныхъ дѣйствій, однако мы знаемъ, что мозаичность, казавшаяся намъ построеніемъ, искусственно внесеннымъ въ явленія природы, представляетъ наоборотъ картину дѣйствительности, хотя можетъ быть и очень грубую. Кажущаяся связь, ложно передаваемая нашимъ глазомъ, есть слѣдствіе недостатка этого органа, его нечувствительности.

Невыгода для пластинки въ сравненіи съ глазомъ заключается въ томъ, что фотографическія зерна въ десять разъ больше зеренъ нашей сѣтчатки, элементы которой отстоятъ другъ отъ друга почти на двѣ тысячныхъ миллиметра. Но за то вся фотографическая камера нашего глаза во много разъ меньше употребляемыхъ нами аппаратовъ. Ея поперечникъ, фокусное разстояніе глаза, равно почти 25 мм., отверстіе самое большее 5 мм. Изображеніе луны, проектируемое въ глазѣ, имѣетъ въ поперечникѣ только около $^1/_8$ мм. Изъ свѣтовыхъ колебаній, которыя гораздо меньше промежутковъ между элементами сѣтчатки, останется недѣятельными, пройдетъ незамѣченными между зернами фотографической пластинки гораздо большее количество, чѣмъ въ нашемъ глазу; слѣдовательно, глазъ чувствительнѣе. Но это относится только къ моментальнымъ впечатлѣніямъ, какъ это мы можемъ понять теперь, послѣ того какъ вникли въ молекулярное строеніе предметовъ. Какъ только свѣтовое колебаніе попадетъ на элементъ сѣтчатки, возбуждается свѣтовое раздраженіе; свѣтящійся предметъ долженъ имѣть такую величину, чтобы его изображеніе въ глазу не могло упасть между зернами. Это относится и къ пластинкѣ, только здѣсь предметъ долженъ быть въ десять разъ больше, чтобы онъ не могъ проскользнуть въ свѣточувствительныя петли фотографической сѣти, которою мы хотимъ его поймать. Итакъ, въ моментъ перваго свѣтового впечатлѣнія глазъ будетъ видѣть гораздо отчетливѣе, различитъ гораздо болѣе тонкое строеніе. Съ другой стороны, хотя мы можемъ получать моментальные фотографическіе снимки, дающіе очень много тонкихъ подробностей, но въ этомъ случаѣ мы должны имѣть очень много свѣта, свѣтовыя колебанія должны плотной массой проникать въ пластинку, чтобы на своемъ пути навѣрное встрѣтить свѣточувствительное зерно.

Но когда дѣло касается снимковъ, получаемыхъ во времени, отношенія сильно мѣняются въ пользу фотографіи. Глазъ не суммируетъ свѣтовыхъ впечатлѣній, какъ это можетъ дѣлать пластинка. Какъ только впечатлѣніе момента прошло, изображеніе въ нашемъ глазу совершенно разрушается, за исключеніемъ незначительныхъ остатковъ, которые какимъ то образомъ сохраняются и дѣлаютъ возможнымъ наше воспоминаніе. Но какъ быстро блѣднѣютъ эти картины памяти, это мы знаемъ къ нашему огорченію изъ ежедневнаго опыта. Въ фотографической лабораторіи глаза нѣтъ приспособленія для фиксированія. Впрочемъ для насъ было бы очень дурно если бы такое приспособленіе существовало, и если бы изображенія накладывались одно на другое съ неослабѣвающей силой. Тогда произошло бы тоже самое, что повергаетъ въ ужасъ фотографа, когда онъ видитъ два или болѣе снимковъ на одной пластинкѣ: получается путаница, въ которой ничего нельзя ясно разобрать. Сухая пластинка удерживаетъ разъ полученное свѣтовое впечатлѣніе; она имѣетъ гораздо болѣе вѣрную память, чѣмъ глазъ, и присоединяетъ всѣ послѣдующія впечатлѣнія къ прежнимъ.

Нужно отмѣтить еще одно обстоятельство, благопріятное для пластинки, но не благопріятное для глаза: постоянное неспокойствіе изображенія, зависящее отъ перемѣны преломленія свѣта въ нашей атмосферѣ или отъ несовершенно прочной установки аппарата. Если бы положеніе свѣтовыхъ волнъ по отношенію къ пластинкѣ оставалось всегда неизмѣнно одинако-

вымъ, то понятно, тѣ лучи, которые разъ могли проскользнуть незамѣченными черезъ сѣть, навсегда будутъ для насъ потерянными. Но такъ какъ свѣтовые лучи постоянно мѣняютъ свое направленіе по указаннымъ причинамъ, то могутъ, даже если ихъ очень мало, случайно встрѣтить одно изъ чувствительныхъ зеренъ и тѣмъ выдать свое существованіе. Это будетъ происходить, конечно, тѣмъ рѣже, чѣмъ тоньше пучокъ лучей, потому что для него свободнаго пространства между петлями будетъ больше, чѣмъ для болѣе широкаго пучка. Чѣмъ дольше мы подвергаемъ пластинку дѣйствію свѣтовыхъ колебаній, тѣмъ болѣе тонкія впечатлѣнія она отмѣчаетъ; и поскольку наши вышеприведенныя соображенія справедливы теоретически, такъ должно идти до безконечности. Если гдѣ нибудь находится одинъ единственный колеблющійся атомъ, толчки котораго міровой эфиръ можетъ донести до нашей фотографической пластинки, то все зависитъ исключительно отъ того, сколько времени будутъ дѣйствовать свѣтовыя колебанія, являющіяся одно за другимъ. Надо только, чтобы одно изъ нихъ въ концѣ концевъ ударилось объ одну изъ молекулъ серебряной соли, которую оно и разлагаетъ, оставляя свидѣтельство о своемъ существованіи.

До нѣкоторой степени это подтверждается и опытомъ. Конечно, человѣку никогда не удастся проникнуть въ дѣйствительности до тѣхъ предѣловъ, до которыхъ онъ мысленно можетъ доходить. Предѣлы безконечно большого, къ которымъ мы въ настоящее время ищемъ пути, такъ же какъ и предѣлы безконечно малаго, міра атомовъ, останутся для насъ вѣчно закрытыми. Но во всякомъ случаѣ мы достигли того, что на фотографической пластинкѣ, не смотря на ея грубыя зерна, отпечатываются небесныя тѣла столь слабо свѣтящіяся, что глазъ, гораздо болѣе чувствительный къ моментальнымъ впечатлѣніямъ и тоньше устроенный, не можетъ открыть и слѣда ихъ. На пластинкахъ, которыя экспонировались въ теченіи цѣлыхъ часовъ, часто наблюдаются очень тонкія черныя точки, которыя и на новыхъ снимкахъ всегда появляются на тѣхъ же мѣстахъ по отношенію къ хорошо извѣстнымъ звѣздамъ. Эти точки могутъ происходить только отъ звѣздъ, которыхъ однако не находитъ на ихъ мѣстѣ самый сильный телескопъ. Несомнѣнно, что эти небесныя тѣла имѣютъ для насъ гораздо меньшій видимый поперечникъ, чѣмъ размѣры одного зерна фотографической пластинки или даже элемента сѣтчатки; однако колебанія эфира, возбужденныя въ неизмѣримой для насъ безконечности, послѣ быть можетъ тысячелѣтняго пути и наконецъ послѣ того какъ они цѣлые часы двигались между петлями свѣточувствительной пленки, нашли зернышко серебра, на которомъ и оставили у насъ на землѣ матеріальный слѣдъ своего существованія. Фотографіи удаются съ сравнительно слабыми инструментами; того, что получается на пластинкѣ, глазъ не въ состояніи потомъ открыть непосредственно при помощи сильныхъ телескоповъ. Слѣдовательно, здѣсь мы встрѣчаемъ въ высшей степени существенное преимущество фотографическаго изслѣдованія, которое никогда не будетъ превзойдено оптическими инструментами для прямого наблюденія. Того, что мы пытались достигнуть увеличеніемъ поперечника нашихъ объективовъ, именно увеличенія силы свѣта, того при помощи фотографіи мы дѣйствительно достигаемъ, по крайней мѣрѣ отчасти. Тогда какъ наше техническое безсиліе являлось тамъ преградой къ дальнѣйшему движенію впередъ, дальнѣйшему усовершенствованію, — фотографія указала намъ иной путь, который легче ведетъ насъ почти къ той же цѣли.

Часто даже обычные фотографическіе аппараты могутъ выгодно поспорить съ очень сильными телескопами. Необходимо только устроить такъ, чтобы подобный аппаратъ вполнѣ точно слѣдовалъ движеніямъ фотографируемой области неба, такъ какъ указанное преимущество достигается только благодаря продолжительному времени экспозиціи. Часто для полученія та-

кихъ снимковъ не достаточно одной ночи; нужно еще до перваго разсвѣта закрыть аппаратъ и въ слѣдующую ночь опять направить на то же самое мѣсто — при помощи „искателя“ это можно сдѣлать безъ затрудненія — и докончить экспозицію.

Употребленіе обычнаго фотографическаго аппарата вмѣсто телескопа имѣетъ еще другую большую выгоду, когда задачей служитъ изслѣдованіе, а не полученіе возможно точной картины неба. Фотографическому объективу гораздо легче придать болѣе короткое фокусное разстояніе при большомъ отверстіи, чѣмъ астрономическому. Изображеніе въ фокусѣ при этомъ условіи становится меньше, но сила свѣта увеличивается. Если приходится имѣть дѣло съ большимъ слабосвѣтящимся предметомъ, напримѣръ, съ однимъ изъ туманныхъ пятенъ, которыя покрываютъ небесныя пространства тусклымъ мерцающимъ свѣтомъ и большей частью могутъ быть открыты только при помощи фотографіи, или если приходится фотографировать кометы, то аппараты съ большимъ объективомъ и вмѣстѣ съ тѣмъ съ малымъ фокуснымъ разстояніемъ имѣютъ значительную выгоду сравнительно съ самыми большими телескопами. Если изображеніе на пластинкѣ при этомъ и получается гораздо меньше, чѣмъ въ большихъ телескопахъ съ большимъ фокуснымъ разстояніемъ, то это условіе для данной цѣли является только выгоднымъ; одна такая пластинка охватываетъ гораздо большую область неба, которую и удобно при этомъ изслѣдовать въ отношеніи новыхъ объектовъ.

Каждый фотографъ, хорошо знакомый съ дѣйствіемъ своего аппарата, знаетъ, что его свѣтосилу можно вычислить, если величину отверстія раздѣлить на длину фокуснаго разстоянія, и что время, нужное для экспозиціи, уменьшается пропорціонально квадрату свѣтосилы аппарата. Такъ, если фокусное разстояніе аппарата равно 20 см., а отверстіе 2,5 см., то свѣтосила, выраженная въ какой-нибудь единицѣ, будетъ равна $\frac{2,5}{20} = \frac{1}{8}$. Если фотографъ долженъ былъ при такомъ отверстіи экспонировать 3 секунды, и если онъ затѣмъ беретъ діафрагму съ половиннымъ поперечникомъ, то онъ будетъ имѣть только одну четвертую часть прежней свѣтосилы и потому долженъ экспонировать $3 \times 4 = 12$ секундъ. Это само собою вытекаетъ изъ предыдущихъ разсужденій, если принять доказаннымъ, что фокальное изображеніе отдаленнаго предмета увеличивается точно съ увеличеніемъ фокуснаго разстоянія. Это значитъ, что если одинъ фотографическій аппаратъ имѣетъ вдвое большее фокусное разстоеніе, чѣмъ другой, то онъ дастъ и вдвое большее изображеніе, при тройномъ — втрое большее, при томъ условіи, если разстояніе объекта будетъ во все время очень большое. Тогда какъ, напр., телескопъ обсерваторіи Лика при фокусномъ разстояніи въ 15 метр., даетъ изображеніе луны нѣсколько больше 0,1 м., какъ показываетъ прилагаемое изображеніе, воспроизведенное геліогравюрой въ дѣйствительную величину, аппаратъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ $^1/_2$ м. дастъ изображеніе луны въ 30 разъ меньше, т. е., величиною круглымъ числомъ въ 4 мм. въ поперечникѣ. Поверхность, на которой во второмъ инструментѣ сталкиваются свѣтовыя колебанія, идущія отъ луны, меньше въ $30 \times 30 = 900$ разъ, а потому и свѣтъ можетъ дать отпечатокъ, въ 900 разъ скорѣе. Но мы можемъ поперечникъ объектива, равный въ названномъ громадномъ инструментѣ около 1 м., значительно уменьшить, напр., до 0,1 м. Тогда поверхность, которая можетъ принять на себя свѣтовыя колебанія уменьшится въ 100 разъ, число дѣйствующихъ лучей также будетъ въ 100 разъ меньше, и дѣйствіе свѣта должно длиться въ 100 разъ дольше. Поэтому хотя для нашего новаго аппарата самая работа уменьшилась въ 900 разъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ число дѣйствующихъ работниковъ уменьшилось въ 100 разъ; поэтому работа съ малымъ фотографическимъ аппаратомъ всетаки

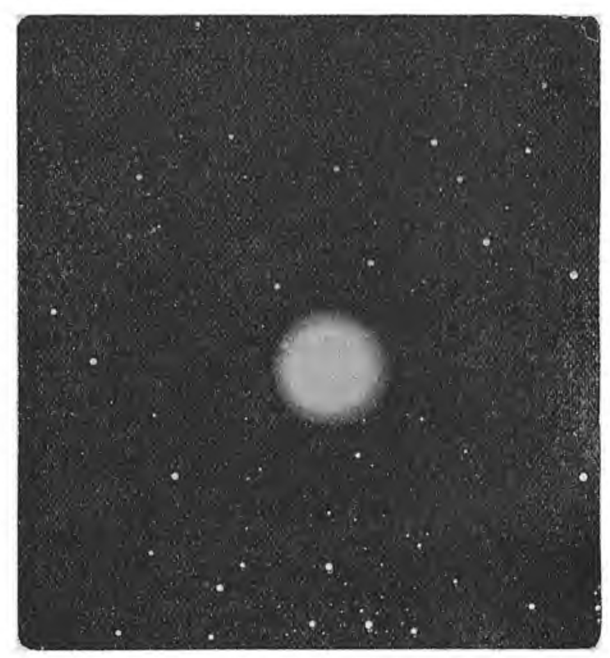
будетъ произведена въ 9 разъ скорѣе, чѣмъ съ исполинскимъ телескопомъ. Свѣтосила послѣдняго по выше приведеннымъ даннымъ равна $^1/_{15}$, а перваго $^1/_5$; отношеніе обѣихъ 1 : 3. Итакъ напряженность дѣйствія на дѣлѣ равна квадрату этихъ чиселъ, какъ мы и нашли. Правда въ періодъ, вдевятеро болѣе короткій, мы получили изображеніе съ поперечникомъ, меньшимъ въ 30 разъ. Для изслѣдованія луны такое изображеніе, конечно, совсѣмъ не годится, такъ какъ слишкомъ много подробностей при немъ исчезнутъ; для подобныхъ цѣлей могутъ служить только телескопы возможно большихъ размѣровъ; но за то туманныя пятна размѣрами съ луну открыть съ малой камерой гораздо легче, чѣмъ при помощи этихъ гигантовъ.

Для неподвижныхъ звѣздъ выгода отъ уменьшенія фокуснаго разстоянія не увеличивается въ той мѣрѣ, какъ для туманныхъ пятенъ. Неподвижныя звѣзды остаются и въ большихъ, какъ и въ малыхъ инструментахъ, говоря теоретически, точками, а кружки на фотографическихъ снимкахъ не зависятъ отъ увеличенія аппарата. Для этихъ предметовъ остается только одно, именно брать возможно большія отверстія; фокусное разстояніе не имѣетъ вліянія на время экспозиціи. Но при изслѣдованіи этихъ отдаленныхъ солнцъ желательно, чтобы двойныя звѣзды, которыя представляютъ тѣсно лежащія другъ къ другу свѣтящіяся точки, радѣлялись на пластинкѣ; съ этой цѣлью безусловно выгоднѣе телескопы съ большимъ фокуснымъ разстояніемъ, дающіе болѣе значительныя изображенія, т. е. раздвигающія отдѣльныя точки изображенія гораздо шире, тѣмъ болѣе, что большое фокусное разстояніе не уменьшаетъ напряженности свѣтового дѣйствія неподвижныхъ звѣздъ. О томъ, какое громадное преимущество имѣетъ небесная фотографія для составленія звѣздныхъ картъ сравнительно съ измѣрительными астрономическими инструментами, а также о томъ, насколько дальше помогаетъ намъ проникать фотографическая пластинка, мы будемъ еще говорить позднѣе. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ состоялось соглашеніе между астрономами, взявшими на себя задачу при помощи инструментовъ средней величины сфотографировать все звѣздное небо. Работа займетъ еще нѣсколько десятилѣтій, но за то это будетъ монументальный трудъ, который слѣдующимъ столѣтіямъ дастъ массу самыхъ важныхъ выводовъ относительно порядка великаго мірозданія, состоящаго изъ соединенныхъ солнечныхъ системъ, въ которомъ наше планетное царство составляетъ только ничтожно малую область. Позднѣе мы еще вернемся къ этой громадной работѣ.

Въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ требуется исключительно увеличеніе силы свѣта, но не требуется одновременнаго увеличенія предмета, тамъ фотографія имѣетъ преимущество передъ непосредственнымъ телескопическимъ наблюденіемъ. Говоря о дѣйствіи телескопа, мы обращали вниманіе на то, что къ нижнему концу его прикрѣпляютъ окуляръ, который позволяетъ получать различныя увеличенія, смотря по характеру изслѣдуемаго предмета. Но фотографическое изображеніе, которое въ телескопѣ получается на томъ же самомъ мѣстѣ, нельзя увеличивать въ той же степени, какъ при прямомъ наблюденіи въ лупу окуляра, вслѣдствіе его грубой зернистости. Между зернами пластинки свѣтъ не можетъ ничего запечатлѣть, поэтому на фотографіи пропадаютъ всѣ детали, которыя получаются въ телескопѣ въ этихъ промежуткахъ и при достаточной силѣ свѣта различаются глазомъ, такъ какъ строеніе сѣтчатки вдесятеро тоньше строенія свѣточувствительной фотографической пластинки. Такимъ образомъ эта послѣдняя своими недостатками напоминаетъ большія стекла объективовъ, которыя, какъ мы видѣли раньше, для изслѣдованія подробностей, на свѣтлыхъ небесныхъ тѣлахъ, являются сравнительно менѣе пригодными, чѣмъ малыя стекла. Къ этому присоединяется еще,—какъ и въ большихъ телескопахъ,

только здѣсь въ гораздо большей степени, — вредное вліяніе иррадіаціи. Колебанія, которыя проходятъ между петлями чувствительнаго слоя, отчасти отражаются зеркальной задней поверхностью стекляной пластинки, и возвращаясь по новому направленію, могутъ попасть на свѣточувствительное зерно, которое и разлагаютъ; изображеніе, полученное въ телескопѣ, не дастъ свѣтлаго мѣста въ соотвѣтственной точкѣ. Такимъ образомъ изображенія яркихъ звѣздъ окружаются кольцомъ или сіяніемъ. Съ другой стороны свѣтъ захватываетъ тѣневыя мѣста на пластинкѣ, искажаетъ подробности и увеличиваетъ изображенія звѣздъ.

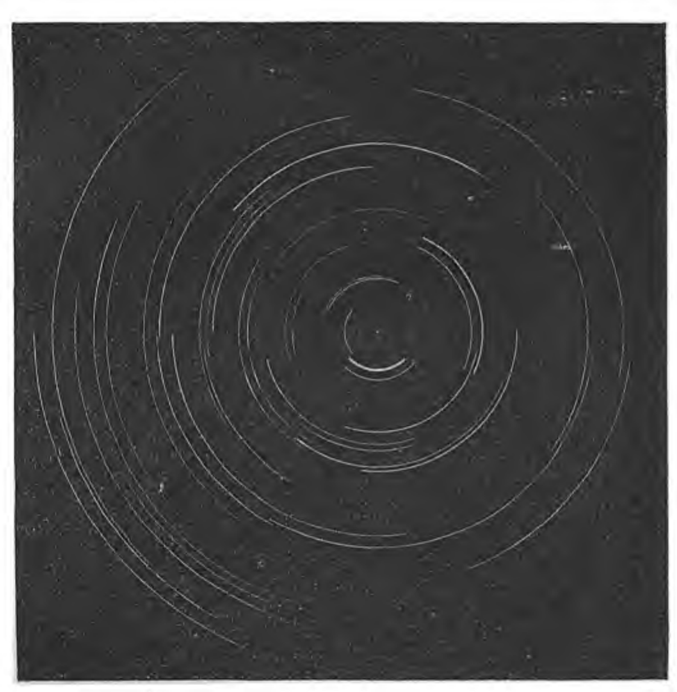
Подобное явленіе бываетъ и при фотографированіи звѣздъ, только оно здѣсь не имѣетъ большого вреда. Всѣ яркія звѣзды, не имѣющія для насъ видимаго поперечника, на пластинкѣ являются кружками значительныхъ размѣровъ, гораздо больше тѣхъ, которые получаются вслѣдствіе оптическихъ недостатковъ телескопа. Настоящій рисунокъ есть копія съ звѣздной фотографіи въ натуральную величину. Отдѣльныя звѣзды представляются на ней въ видѣ кружковъ съ поперечникомъ въ миллиметръ, совершенно такъ же, какъ ихъ изображаютъ на новѣйшихъ звѣздныхъ картахъ, когда хотятъ различной величиной кружковъ характеризовать различную степень яркости, классифицировать звѣзды по величинѣ. Одинъ кружокъ на рисункѣ непомѣрно великъ. Это показываетъ, что для соотвѣтственной звѣзды экспозиція длилась слишкомъ долго. Получающіеся на фотографіяхъ кружки звѣздъ соотвѣтствуютъ по своимъ размѣрамъ съ нѣкоторымъ ограниченіемъ, которое мы укажемъ ниже, отдѣльнымъ звѣзднымъ классамъ. Яркія звѣзды даютъ кружки большей величины, чѣмъ слабосвѣтящіяся, и только самыя мельчайшія звѣзды имѣютъ видъ точекъ, величиной съ зерно фотографической пластинки. Происхожденіе звѣздныхъ кружковъ далеко не обусловливается однимъ вышеописаннымъ отраженіемъ лучей; это даже не главная причина его; отраженіе сказывается собственно въ образованіи колецъ и сіяній, окружающихъ яркія звѣзды. Въ гораздо большей степени на образованіе кружковъ вліяетъ неспокойствіе воздуха и измѣненіе установки (Pointirung) телескопа. Мы уже видѣли, какъ сильно атмосфера, мѣняющаяся отъ состоянія погоды, колеблетъ дрожащій лучъ свѣта. Онъ перемѣщается надъ пластинкой во всѣхъ направленіяхъ вдоль и поперекъ, пока не встрѣтитъ на пути свѣточувствительнаго зерна. Чѣмъ больше свѣтовыхъ лучей встрѣчается около одной точки, т. е. чѣмъ ярче звѣзда, тѣмъ больше вѣроятности, что эти лучи при каждомъ движеніи, которое они дѣлаютъ вслѣдствіе измѣненій въ преломляющей способности воздуха, встрѣтятъ чувствительныя зерна, и на всемъ пространствѣ, гдѣ падаютъ дрожа-



Окресности звѣзды ε Оріона. Фотографировано Шейнеромъ въ Потсдамѣ, экспозиція 8 часовъ.

щіе лучи, пластинка чернѣетъ. Лучей, испытывающихъ наибольшее отклоненіе, будетъ меньше всего; вездѣ въ природѣ крупное встрѣчается рѣже мелкаго. Такъ какъ менѣе яркія звѣзды даютъ меньше свѣтовыхъ колебаній, вообще даютъ скудное количество лучей, то среди нихъ отклоненія отъ извѣстной величины будутъ столь рѣдки, что не оставятъ никакого слѣда на пластинкѣ, тогда какъ это происходитъ при болѣе яркихъ звѣздахъ. Поэтому слабыя звѣзды заставятъ почернѣть только небольшую поверхность пластинки.

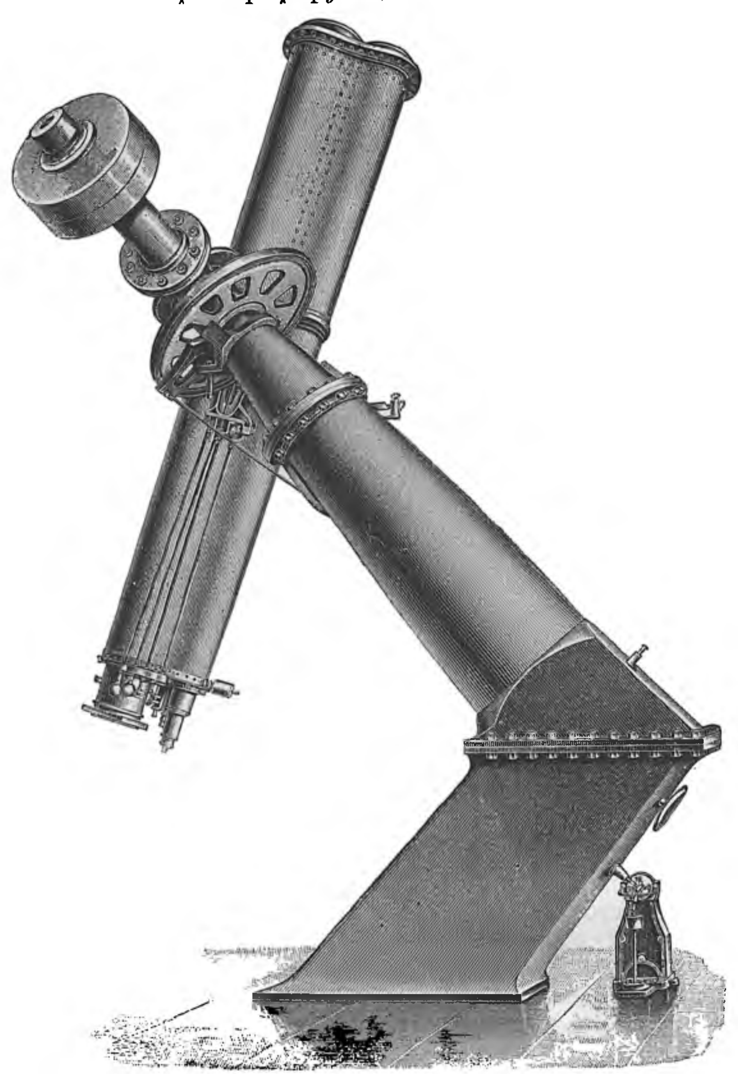
Слѣдующая причина, способствующая образованію звѣздныхъ кружковъ, это движеніе небесныхъ предметовъ. Вслѣдствіе вращенія земли около оси всѣ звѣзды описываютъ видимые круговые пути вокругъ небеснаго полюса. Прилагаемый рисунокъ представляетъ фотографію сѣвернаго небеснаго полюса, сдѣланную при помощи неподвижнаго телескопа. Звѣзды при этомъ вытянулись и отпечатались въ видѣ частей круговъ (дугъ). Но кромѣ того луна и планеты имѣютъ еще собственное движеніе. Каждый большой телескопъ снабженъ часовымъ механизмомъ, который помогаетъ инструменту слѣдовать за этимъ видимымъ движеніемъ, но никакое человѣческое искусство не въ состояніи въ такой степени конкуррировать съ небеснымъ часовымъ механизмомъ, чтобы можно было всегда избѣжать отклоненій на малыя доли миллиметра, соотвѣтствующія величинѣ зеренъ пластинки. Ошибки, возникающія при этомъ, стараются до извѣстной степени устранять тѣмъ, что постоянно слѣдятъ за часовымъ механизмомъ и регулируютъ его. Для этого употребляютъ добавочный телескопъ, такъ называемый „искатель“, который находится при каждомъ большомъ инструментѣ. Оба телескопа прочно соединены другъ съ другомъ и направлены на одну и ту же область неба. Въ искателѣ натянуты тонкія перекрестныя нити. Точку пересѣченія нитей устанавливаютъ на какую-нибудь ясно видимую звѣзду и при помощи тонкихъ винтовъ, которые могутъ сообщать телескопу минимальныя передвиженія, слѣдятъ за тѣмъ, чтобы звѣзда все время экспозиціи находилась какъ разъ въ точкѣ пересѣченія нитей. Для этой цѣли часто цѣлые часы приходится смотрѣть съ величайшимъ вниманіемъ въ искатель (Pointier-Fernrohr), что представляетъ, конечно, хорошую пробу терпѣнія. Однако, и это средство не устраняетъ всѣхъ трудностей. Искатель обыкновенно гораздо меньше самого телескопа. Поэтому онъ совершенно иначе, чѣмъ большой телескопъ, испытываетъ гнутіе отъ дѣйствія тяжести. Такъ какъ во время экспозиціи, длящейся цѣлые



Фотографическій снимокъ сѣвернаго полюса міра. (Принцъ, въ Брюсселѣ.)

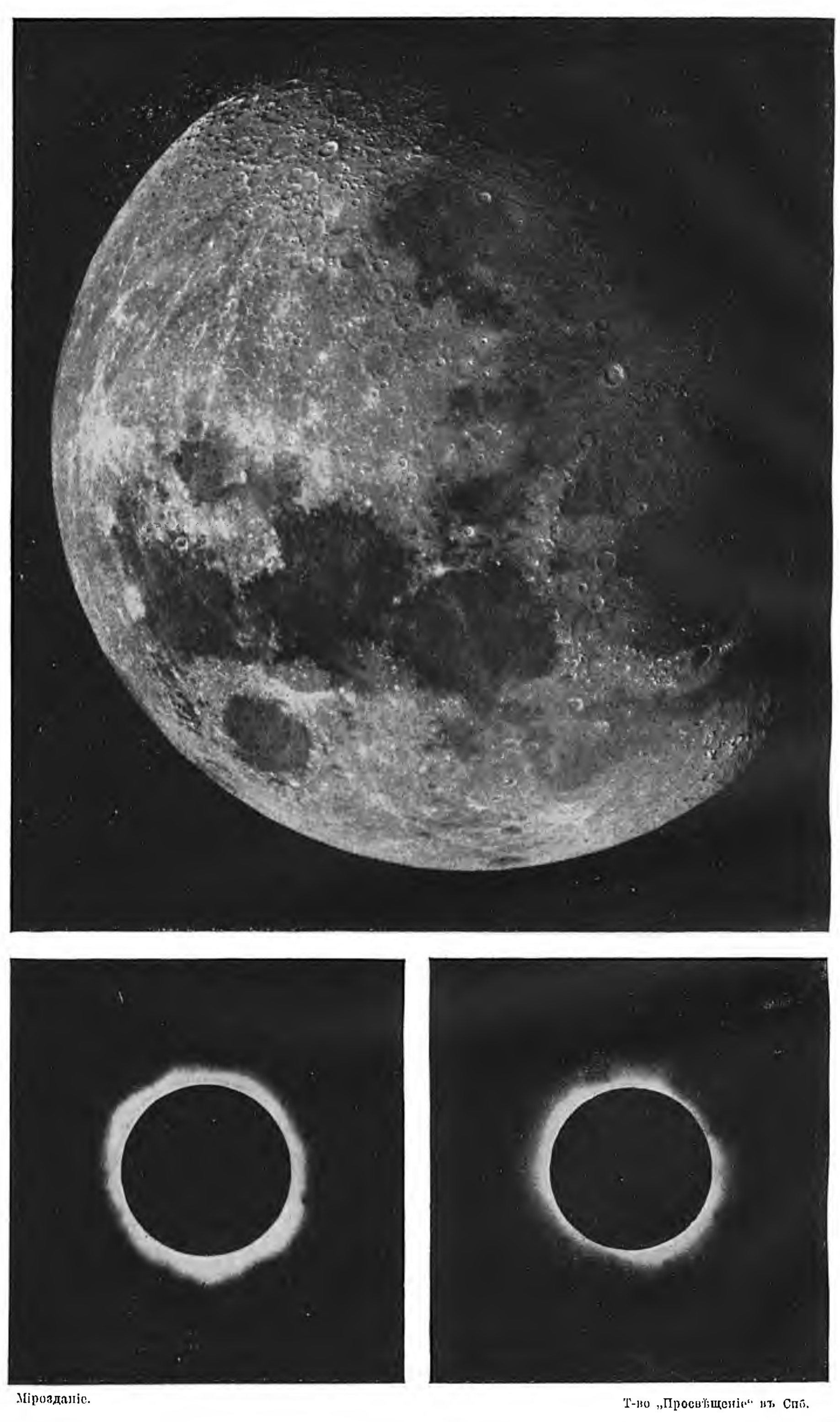
часы, оба телескопа принимаютъ различныя взаимныя положенія относительно направленія тяжести, то параллелизмъ между ними сохраняться вполнѣ не можетъ; въ большомъ телескопѣ звѣзды измѣнятъ нѣсколько свое положеніе, несмотря на то, что ихъ стараются удержать на одномъ и томъ же мѣстѣ при помощи маленькаго телескопа.

Поэтому при устройствѣ телескоповъ спеціально для фотографированія не оставалось ничего иного, какъ дѣлать искатель одинаковыхъ размѣровъ съ самымъ фотографирующимъ телескопомъ, т. е. сооружать двойной телескопъ, подобный театральному биноклю. На прил. рисункѣ представленъ подобный инструментъ, находящійся на астрономической обсерваторіи въ Потсдамѣ. Однако даже и такіе телескопы не рѣшаютъ вполнѣ вопроса, и случается, что вслѣдствіе неправильнаго передвиженія инструмента свѣтовой лучъ на короткое время отклоняется отъ своего нормальнаго пути. При яркихъ звѣздахъ это тотчасъ же сказывается на пластинкѣ и способствуетъ образованію кружка, но свѣтъ слабой звѣзды въ столь короткое время не всегда встрѣтитъ на своемъ пути чувствительное зерно.



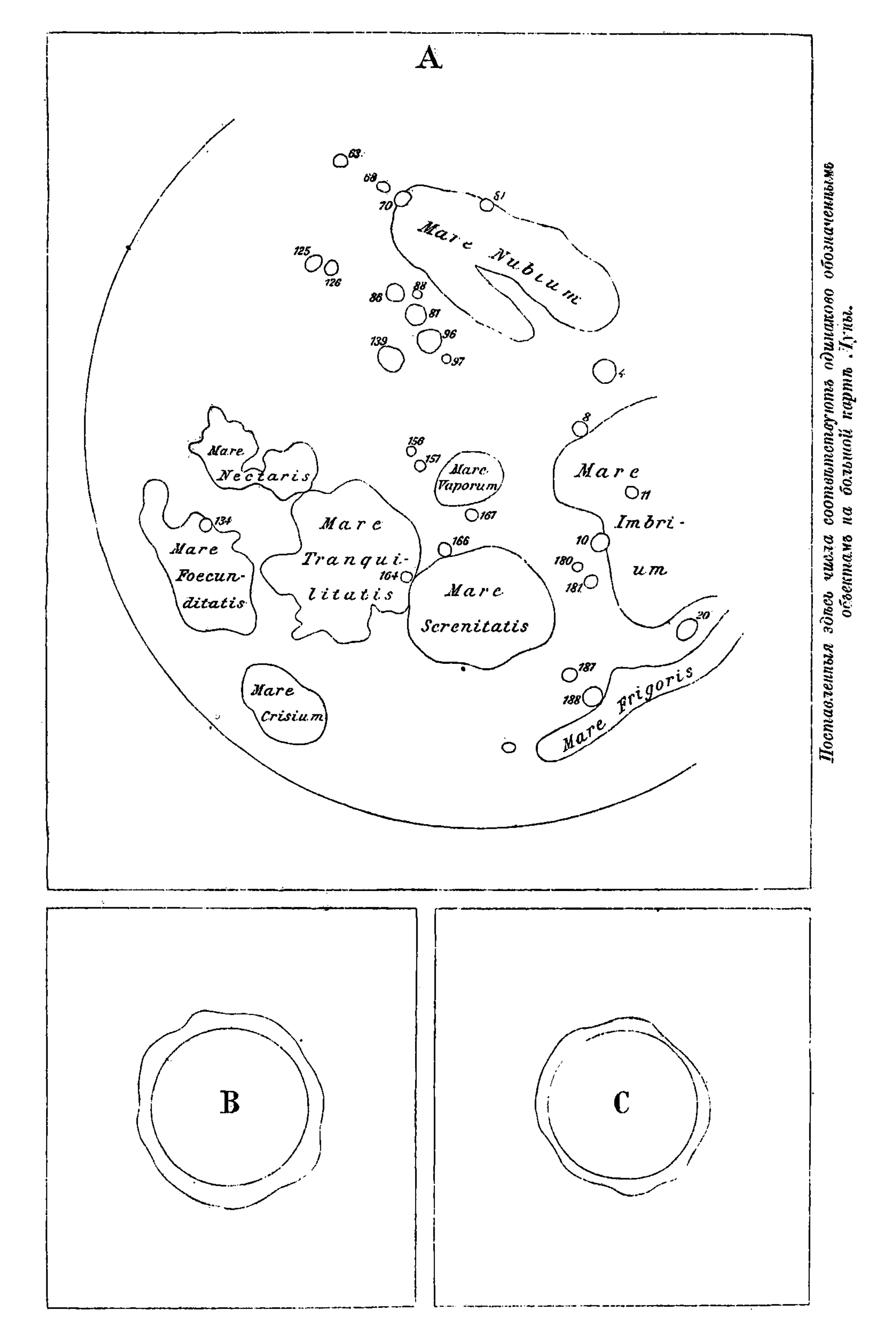
Фотографическій рефракторъ Потсдамской обсерваторіи. (Съ фотографіи.)

Итакъ, мы указали четыре причины, которыя обусловливаютъ образованіе звѣздныхъ кружковъ: сферическая аберрація объектива, иррадіація, а также отраженіе лучей отъ задней стороны пластинки, неспокойствіе воздуха и наконецъ несовершенство часового механизма, которымъ снабженъ телескопъ. Только первыя двѣ остаются до нѣкоторой степени постоянными, двѣ другія при каждомъ фотографированіи различны. Поэтому одна и та же звѣзда на различныхъ пластинкахъ можетъ имѣть различные поперечники; но взаимное отношеніе поперечниковъ различныхъ звѣздъ на одной и той же пластинкѣ указываетъ на ихъ относительную силу свѣта; въ этомъ отношеніи измѣреніе звѣздныхъ кружковъ на фотографіяхъ является вспомогательнымъ средствомъ изслѣдованія.



Міроздапіе. Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

ФОТОГРАФІИ ЛУНЫ И СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ.



А. Фотографическій снимокъ Луны 23 іюля 1893 г., полученный на Ликской обсерваторіи въ Калифорніи.

B. и C. Фотографіи солнечной короны во время солнечнаго затменія:

B. полученная 16 апрѣля 1893 Шеберле въ Чили; — C. полученная 9 августа 1896 Вучиховскимъ въ Лапландіи.

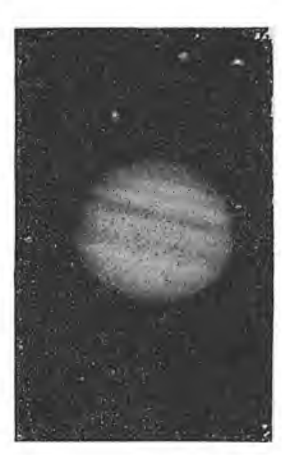
Такъ какъ точки, абсолютно не имѣющія для насъ поперечника, на фотографіяхъ являются кружками, достигающими на пластинкѣ величины миллиметра, то свѣтящіяся поверхности, напр., луны и планетъ, должны, конечно, давать расплывчатыя изображенія, какъ будто бы фотографическій аппаратъ былъ неправильно наведенъ. Кружки, полученные отъ каждой точки этихъ поверхностей, заходятъ другъ на друга и дѣлаютъ неясными подробности изображенія. На старыхъ фотографіяхъ луны это замѣтно особенно рѣзко: хотя онѣ и сняты при помощи лучшихъ телескоповъ, однако, показываютъ никакъ не больше подробностей, чѣмъ можно видѣть и нанести на карту съ помощью самой незначительной трубы.

Въ 1851 году американскому астроному Бонду удалось получить первую фотографію луны, и послѣ того въ теченіе двадцати лѣтъ приходилось довольствоваться этими далеко недостаточными результатами, прежде чѣмъ удалось сдѣлать существенный шагъ впередъ, благодаря введеннымъ въ 1871 году сухимъ пластинкамъ. Послѣднія почти въ тридцать разъ чувствительнѣе мокрыхъ пластинокъ. Поэтому можно было сократить время экспозиціи въ тридцать разъ противъ прежняго; и въ настоящее время для луны оно уменьшено до нѣсколькихъ десятыхъ секунды. Такъ напримѣръ, астроному Евгенію фонъ Готару, который на своей обсерваторіи въ Херени (Венгрія) получилъ очень драгоцѣнные фотографическіе снимки, удалось запечатлѣть на пластинкѣ даже затменіе луны 12 іюля 1889 года при помощи десяти-дюймоваго зеркальнаго телескопа. Благодаря такому сокращенію времени экспозиціи, недостатки фотографіи, происходящіе отъ состоянія воздуха и несовершенства часового механизма, сводятся до минимума. Свѣтовые лучи не успѣваютъ за время экспозиціи перемѣститься и не могутъ дать кружковъ, налагающихся другъ на друга; поэтому на фотографіи получаются все болѣе и болѣе тонкія подробности. Прилагаемая геліогравюра (см. стр. 46) даетъ фотографію луны, полученную гигантскимъ телескопомъ на обсерваторіи Лика. Она представляетъ непосредственное фокальное изображеніе, т. е. безъ всякихъ измѣненій передана такою, какой получилась въ фокусѣ телескопа.

Фотографіи луны можно теперь увеличивать въ сорокъ разъ сравнительно съ первоначальными размѣрами. Конечно, при этомъ одновременно увеличатся и зерна фотографической пластинки, и изображеніе становится грубѣе въ отношеніи деталей. Чтобы хотя отчасти устранить этотъ недостатокъ, Вейнекъ въ Прагѣ примѣнилъ своеобразный пріемъ, который уже далъ очень интересные и важные результаты. Онъ покрываетъ готовое негативное изображеніе стеклянною пластинкой, на которой очень тонко нанесена алмазомъ система штриховъ, взаимно перекрещивающихся подъ прямымъ угломъ. Разсматривая изображеніе черезъ лупу съ увеличеніемъ въ двадцать или же въ сорокъ разъ, онъ затѣмъ перерисовываетъ съ самой строгой точностью квадратъ за квадратомъ. Конечно, здѣсь требуется необычайное искусство, которымъ среди нынѣшнихъ астрономовъ обладаетъ только названный изслѣдователь. При этомъ способѣ неровности зерна не отражаются на результатѣ; изображеніе получается болѣе однородное, болѣе отчетливое, чѣмъ при механическомъ увеличеніи. Если мы на разстояніи яснаго зрѣнія, которое равно 25 см., будемъ разсматривать, напр., рисунокъ кратера Арзахель, полученный описаннымъ образомъ (см. стр. 89), то изображеніе, полученное въ нашемъ глазу, будетъ такой же величины, какое дастъ телескопъ съ увеличеніемъ въ 600 разъ. Увеличенное изображеніе, полученное Вейнекомъ, имѣетъ передъ телескопическимъ то большое преимущество, что оно находится въ покоѣ, тогда какъ при непосредственномъ наблюденіи въ телескопъ рѣдко можно примѣнять увеличеніе больше 300 разъ, такъ какъ иначе движенія воздуха дѣлаютъ все неяснымъ. Благодаря этому преимуществу, рисунки Вейнека открыли нѣкоторыя мелкія

образованія на лунной поверхности, которыя впослѣдствіи только съ большимъ трудомъ могъ различить глазъ. Это служитъ доказательствомъ, что въ настоящее время фотографія луны стоитъ уже на высотѣ непосредственнаго наблюденія. Нельзя не отмѣтить, что въ способѣ Вейнека отчасти уничтожается то безконечное преимущество, которое всегда имѣетъ фотографія передъ рисункомъ отъ руки, хотя она и даетъ несовершенную картину,—мы имѣемъ въ виду ея объективность. Какъ ни строго будетъ рисовальщикъ придерживаться оригинала, но онъ всегда внесетъ нѣчто субъективное, особенно когда дѣло касается тонкихъ подробностей, которыя лежатъ на границѣ нашей способности различенія. Позднѣе мы не разъ увидимъ, какъ сильно разнятся рисунки одного и того же предмета въ рукахъ различныхъ наблюдателей. Въ тончайшихъ подробностяхъ, которыя попадаютъ въ промежутки между зернами пластинки, Вейнекъ вноситъ свое толкованіе, конечно субъективное. Вторая пластинка, на которой зерна лежатъ иначе, можетъ опять многое улучшить; однако и тутъ все еще остается мѣсто личному элементу.

За то фотографированіе большихъ планетъ далеко отстало; оно находится приблизительно на той ступени, на которой стояло фотографированіе луны въ періодъ мокрыхъ пластинокъ. Для того, чтобы, напр., получить изображеніе Юпитера или Сатурна, надо продолжать экспозицію 10—20 секундъ. Приложенный рисунокъ представляетъ факсимиле подобной фотографіи Юпитера; бѣглое сравненіе ея съ рисунками этого небеснаго тѣла, помѣщенными въ нашей книгѣ прямо показываетъ, что фотографія почти ничего еще не внесла въ изученіе поверхности планетъ. Большимъ успѣхомъ считается, если на фотографіи Марса можно различить свѣтлыя полярныя пятна, которыя были видимы уже въ первыя неахроматическія трубы 17 вѣка. Въ этомъ направленіи нужно ждать успѣховъ въ будущемъ только отъ приготовленія болѣе чувствительныхъ пластинокъ. Но въ области нашего планетнаго міра можно отмѣтить за фотографіей очень своеобразный успѣхъ. Она открыла, нѣкоторымъ образомъ сама, малыя планеты, которыя, какъ извѣстно, сотнями совершаютъ свой путь въ поясѣ между Марсомъ и Юпитеромъ. Эти маленькія небесныя тѣла ничѣмъ не отличаются въ телескопъ отъ неподвижныхъ звѣздъ. Чтобы ихъ открыть, необходимо наблюдать за ними непрерывно цѣлые часы и даже дни; тогда можно замѣтить движеніе подобной блестящей планетной точки среди другихъ звѣздъ и этимъ обнаружить ея движеніе вокругъ солнца. Съ тѣхъ поръ какъ существуютъ пластинки съ достаточно высокой чувствительностью, стоитъ только фотографировать въ теченіе нѣсколькихъ часовъ неподвижныя звѣзды въ той области, гдѣ предполагаютъ присутствіе этихъ планетъ. Если въ данной области находится подобная планета, то, конечно, она запечатлѣется въ видѣ линіи, а не въ видѣ точки, какъ неподвижная звѣзда, такъ какъ во время фотографированія она совершаетъ собственное движеніе. Чтобы уяснить это, взгляните на фотографію окрестностей полюса (стр. 49), сдѣланную съ неподвижнымъ телескопомъ; на ней вмѣсто звѣздъ находятся части круговъ.


Планета Юпитеръ, фотографированная на Гарвардской обсерваторіи въ Кембриджѣ (Сѣверная Америка).

Въ прежнее время открытіе мелкихъ планетъ было крайне труднымъ дѣломъ. Обыкновенно этому должна была предшествовать многолѣтняя работа, состоявшая въ томъ, что всѣ мельчайшія звѣзды заносились на карты при помощи телескопа, и затѣмъ при слѣдующихъ пересмотрахъ данной

области случайно наталкивались на недостающія или на вновь появившіяся звѣзды; за ихъ движеніемъ старались слѣдить. Изслѣдовать движеніе всѣхъ такихъ звѣздъ было бы слишкомъ утомительной работой: на небѣ ихъ милліоны, а въ томъ кругѣ, который заразъ можетъ охватить телескопъ, часто цѣлыя сотни. Готовыхъ картъ, содержащихъ эти мельчайшія звѣзды, не существуетъ, поэтому только тѣ астрономы могли систематически открывать малыя планеты, которые сами разрабатывали подобныя карты. Въ такихъ условіяхъ находились покойный Петерсъ въ Клинтонѣ (Сѣв. Америка) и Рализа въ Вѣнѣ; оба они находили въ свое время мелкія планеты дюжинами. Но теперь Вольфъ въ Гейдельбергѣ, впервые примѣнившій фотографическій методъ, и Шарлуа въ Марсели открываютъ мелкія планеты безъ картъ; для этой цѣли они въ теченіе двухъ или трехъ часовъ держатъ аппаратъ направленнымъ на одно и то же мѣсто неба. Если послѣ этого на пластинкѣ не замѣчается черты, а только точки, что бываетъ чаще всего, то это представляетъ драгоцѣнный документъ, характеризующій область неба въ соотвѣтственномъ направленіи, и работа сдѣлана не напрасно. Но если получится хоть одна черта, то приступаютъ къ измѣренію пластинки. Такъ какъ на пластинкѣ всегда находятся одна или нѣсколько большихъ звѣздъ, мѣсто которыхъ на небѣ точно извѣстно, то можно съ ихъ помощью легко найти положеніе новой планеты на небесномъ сводѣ, черта показываетъ направленіе и скорость ея движенія, и можно вполнѣ положиться на свидѣтельство пластинки, гдѣ искать на другой день въ телескопъ это новое явленіе, чтобы прослѣдить его далѣе.

Для измѣренія фотографическихъ пластинокъ служатъ особенные микрометрическіе аппараты, которые мы здѣсь однако не будемъ описывать, такъ какъ и при описаніи телескопа мы не входили въ разсмотрѣніе измѣрительныхъ аппаратовъ. Укажемъ только на одно обстоятельство: тогда какъ прежде думали, будто небесная фотографія будетъ всегда давать только болѣе или менѣе грубыя приближенія мѣстоположеній и никогда не достигнетъ удивительной точности непосредственныхъ астрономическихъ измѣреній, въ настоящее время, какъ оказывается, она вполнѣ конкуррируетъ съ этими послѣдними. Конечно, при этомъ требуется величайшая осторожность. Чувствительный слой на пластинкѣ при мокрой обработкѣ, слѣдующей за дѣйствіемъ свѣта, и затѣмъ при высушиваніи испытываетъ нѣкоторыя измѣненія, вслѣдствіе которыхъ первоначальное положеніе звѣздныхъ точекъ нарушается. Чтобы устранить ошибки, происходящія отсюда, фотографируютъ вмѣстѣ сѣтку, которую помѣщаютъ въ томъ мѣстѣ телескопа, гдѣ находится оптическое изображеніе предмета. Эта сѣтка, конечно, будетъ участвовать во всѣхъ измѣненіяхъ, которыя претерпѣваетъ слой; поэтому если только измѣрять разстояніе предмета отъ одновременно съ нимъ фотографированныхъ линій, взаимное разстояніе которыхъ точно извѣстно, то искаженія слоя не будутъ уже имѣть вліянія на результатъ измѣренія.

Открытіе малыхъ планетъ помощью фотографіи служитъ новымъ примѣромъ того, какъ условія, создающія трудно преодолимыя препятствія въ одной области изслѣдованія, въ другой области могутъ способствовать важному прогрессу. Тоже самое мы видѣли въ явленіи свѣторазсѣянія, безъ котораго не могъ бы развиться спектральный анализъ. Для фотографированія неба движеніе небесныхъ тѣлъ составляетъ въ высшей степени неудобное препятствіе; за то по отношенію къ малымъ планетамъ это движеніе даетъ возможность открывать ихъ. Безъ того въ данномъ случаѣ фотографія не имѣла бы существеннаго преимущества передъ старыми методами.

Въ подобномъ же отношеніи къ прежнимъ изслѣдованіямъ стоятъ успѣхи фотографіи въ области изученія солнца. Мы видѣли раньше, что именно при изслѣдованіи слабѣйшихъ небесныхъ тѣлъ пластинки имѣютъ большое преимущество передъ непосредственнымъ наблюденіемъ, тогда

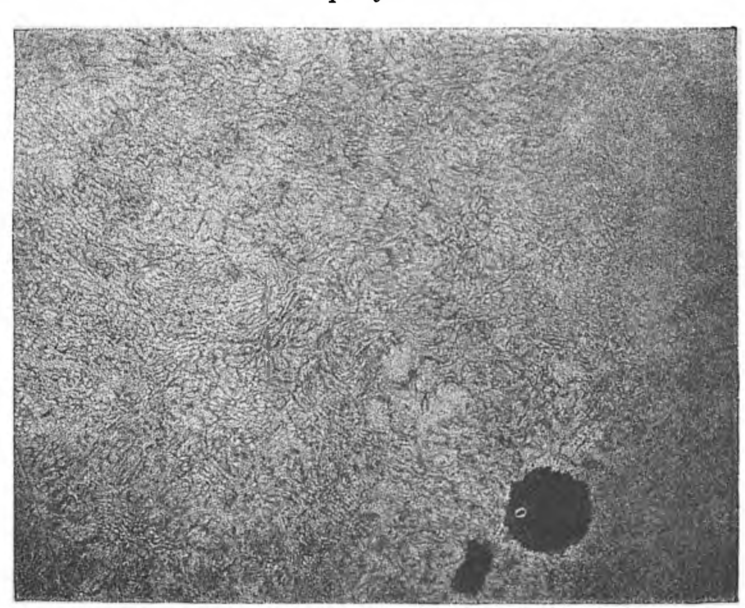
какъ для болѣе яркихъ предметовъ, луны и большихъ планетъ результаты, данные фотографіей, гораздо менѣе значительны. Поэтому à priori нужно было думать, что нечего и пытаться примѣнять фотографію къ солнцу. Всякій любитель-фотографъ знаетъ хорошо, что громадное богатство свѣта нашего центральнаго свѣтила уничтожаетъ всѣ изображенія на пластинкѣ. Если чувствительный слой получаетъ извѣстное максимальное количество свѣта, выдѣленное серебро опять исчезнетъ, вслѣдствіе чего осадокъ снова мало-по-малу теряетъ свой темный оттѣнокъ, пока наконецъ первоначальное изображеніе не исчезнетъ совершенно. Этотъ процессъ называютъ соляризаціей. При фотографированіи земныхъ предметовъ соляризація полагаетъ крайній верхній предѣлъ времени экспозиціи; низшій предѣлъ зависитъ отъ чувствительности пластинки. Оба предѣла лежатъ не слишкомъ далеко другъ отъ друга; поэтому нужна опытность, чтобы заранѣе опредѣлить время экспозиціи для каждаго количества свѣта.

Самый быстрый моментальный затворъ, примѣняемый въ обычной фотографической практикѣ, не могъ бы помѣшать соляризаціи солнечнаго изображенія. Потребовалось поэтому придумать совершенно особенныя приспособленія. Для этой цѣли черезъ фокусъ телескопа заставляютъ промелькнуть съ значительной быстротой очень узкую щель, продѣланную въ заслонкѣ, которая перемѣщается при помощи сильной пружины. Въ этихъ условіяхъ пластинка испытываетъ дѣйствіе солнечнаго свѣта въ тысячную, а въ самыхъ большихъ телескопахъ даже всего въ пятитысячную часть секунды. Конечно, для измѣренія столь короткихъ промежутковъ времени необходимы особенно остроумные способы. Прибѣгаютъ въ этомъ случаѣ къ необычайно тонкой чувствительности нашего уха. Извѣстно въ точности, сколько колебаній совершаетъ воздухъ, когда онъ передаетъ намъ впечатлѣніе тона опредѣленной высоты. Заставляя щель при извѣстной скорости движенія издавать тонъ, опредѣляютъ эту скорость путемъ сравненія полученнаго тона съ какимъ-либо извѣстнымъ.

Если мы заставимъ такую заслонку мелькать передъ нашимъ глазомъ, то мы не получимъ сквозь нее ни малѣйшаго замѣтнаго впечатлѣнія даже отъ солнца. Но въ это неизмѣримо короткое время пластинка воспринимаетъ болѣе правильное изображеніе солнца, чѣмъ можетъ сдѣлать нашъ глазъ. Такимъ образомъ мы встрѣчаемъ и здѣсь существенную разницу между дѣйствіемъ фотографическаго аппарата и нашимъ глазомъ. Именно, послѣдній достигаетъ гораздо быстрѣе максимума чувствительности, къ которой онъ вообще способенъ; но чтобы получить впечатлѣніе, — все равно интенсивное или нѣтъ, — для глаза нуженъ извѣстный короткій, но измѣримый промежутокъ времени, нѣсколько различный для каждаго человѣка. Въ процессѣ зрѣнія здѣсь беретъ перевѣсъ физіологическая сторона надъ чисто физической: съ одной стороны замедляется передача свѣтоваго впечатлѣнія нашему мозгу, съ другой стороны сознаніе случившагося не совершается съ тою же моментальной быстротой, какъ самый физическій процессъ. Такъ какъ въ слѣдующее мгновеніе появляется новое впечатлѣніе, то предыдущее уже относится къ неяснымъ картинамъ, остающимся въ воспоминаніи. Поэтому то мы совсѣмъ не въ состояніи сравнить отдѣльныхъ фазъ быстро смѣняющихся явленій, тогда какъ фотографическая пластинка, не смотря на очень малую чувствительность сравнительно съ сѣтчаткой, для моментальныхъ снимковъ обладаетъ значительнымъ преимуществомъ передъ непосредственнымъ видѣніемъ. Очень часто мы удивляемся страннымъ положеніямъ, какія принимаютъ люди и животныя на моментальныхъ фотографіяхъ, и которыя намъ кажутся совершенно невѣроятными. Однако несомнѣнно здѣсь права пластинка, а обманываетъ глазъ. Фотографія такимъ образомъ играетъ роль микроскопа для времени. Какъ оптическій микроскопъ увеличиваетъ поверхности и тѣла, давая намъ возможность лучше

познакомиться съ ихъ тонкимъ строеніемъ, такъ моментальная фотографія расширяетъ промежутки времени и разлагаетъ явленія, совершающіяся въ нихъ, на кратчайшіе моменты, которые могутъ восприниматься нашими чувствами въ отдѣльности.

Это свойство фотографіи чрезвычайно выгодно для насъ при наблюденіяхъ надъ солнцемъ. Найдено, что на поверхности солнца происходятъ необычайно сильныя и быстрыя измѣненія. Нашъ глазъ, медленно воспринимающій, не въ состояніи ихъ различить; при томъ же они такъ перемѣшиваются съ вліяніями отъ движенія воздуха, что непосредственнымъ наблюденіемъ мы часто не въ состояніи отдѣлить истинныхъ измѣненій отъ кажущихся. Но даже и при медленно совершающихся измѣненіяхъ солнечныхъ пятенъ изслѣдователь, дѣлающій рисунокъ, часто съ большимъ трудомъ можетъ слѣдить въ телескопъ за явленіями и, конечно, рисунокъ отъ руки никогда не будетъ такъ вѣренъ, какъ фотографія, полученная въ неизмѣримо-короткое мгновеніе. При необычайно маломъ времени экспозиціи всѣ неудобства, затрудняющія фотографированіе луны и планетъ, исчезаютъ: въ теченіе момента состояніе воздуха не мѣняется, различныя изображенія одной и той же подробности не налагаются другъ на друга и не расплываются.

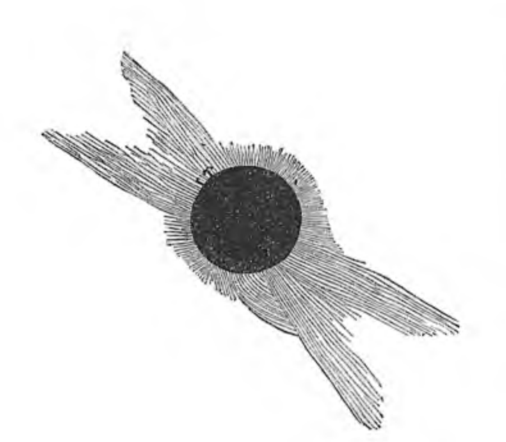


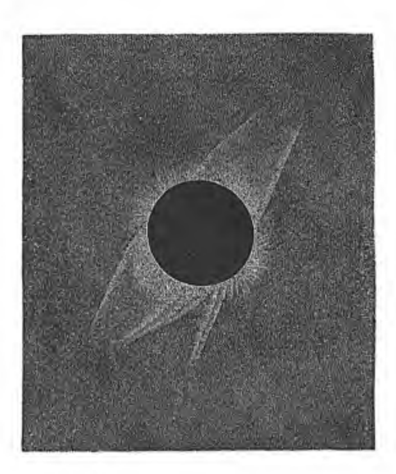
Фотографическій снимокъ части солнечной поверхности, сдѣланный Жансеномъ въ Медонѣ, около Парижа.

Въ теченіе даннаго времени телескопъ можетъ стоять вполнѣ неподвижно; поэтому при фотографіи солнца не играютъ роли несовершенства часоваго механизма. Свѣтопреломляющее же дѣйствіе „воздушныхъ струй“ имѣетъ конечно, такое значеніе, какъ будто передъ объективомъ была помѣщена еще одна твердая дурно отшлифованная или дурно охлажденная стеклянная чечевица. Поэтому нерѣдко значительныя части солнечнаго изображенія кажутся совершенно неотчетливыми, какъ будто отъ неправильной установки аппарата (см. рис., стр. 55). На самомъ же дѣлѣ это значитъ, что какъ разъ въ моментъ экспозиціи полоса воздуха пронеслась мимо, и благодаря ея преломляющей способности фокусъ объектива перемѣстился. Часто также на двухъ послѣдовательныхъ фотографіяхъ солнца, приготовленныхъ одна за другою черезъ короткіе промежутки, цѣлая область деталей оказывается сильно сдвинутою; но внутри этой области детали вполнѣ сохраняютъ взаимное положеніе. Это также объясняется только измѣненіемъ преломляющей способности воздуха. Часто повторяя фотографированіе, можно всегда опредѣлить вліяніе воздуха и отдѣлитѣ истинныя измѣненія отъ кажущихся. На многихъ обсерваторіяхъ, между прочимъ и въ Потсдамѣ, дѣлается подобнымъ образомъ ежедневно нѣсколько солнечныхъ снимковъ, и за періодъ больше десяти лѣтъ образовался архивъ, въ которомъ солнце само точно записало

свою исторію. Три подобныхъ солнечныхъ снимка даны на нашей литографированной таблицѣ „Пятна, факелы и протуберансы на солнцѣ“

Очень существенную услугу оказываетъ далѣе фотографія въ рѣдкія мгновенія полнаго солнечнаго затменія и опять благодаря быстротѣ и точности работы. При солнечномъ затменіи вокругъ центральнаго тѣла выступаетъ корона, явленіе все еще не вполнѣ объясненное (см. два нижнихъ рисунка на геліографической таблицѣ къ стр. 46); корона представляетъ слабое свѣтовое мерцаніе, окружающее солнце на подобіе сіянія святыхъ; появляется корона только въ теченіе немногихъ минутъ полнаго закрытія. Хотя фотографія требуетъ значительно больше времени для полученія изображенія короны, чѣмъ для полученія изображенія солнечной поверхности съ ея поразительнымъ обиліемъ свѣта, тѣмъ не менѣе во время затменія можно получить цѣлый рядъ снимковъ короны, тогда какъ прежде наблюдатель съ трудомъ могъ зарисовать ее въ самыхъ грубыхъ очертаніяхъ. Понятно, что при торопливости и особенномъ волненіи въ эти рѣд-



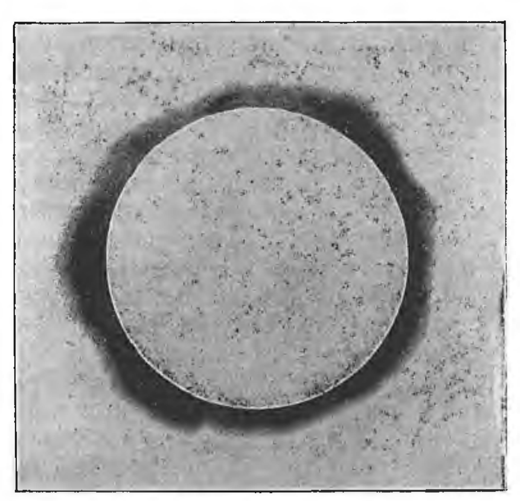


Старые рисунки солнечной короны, сдѣланные астрономами обсерваторіи Гарвардскаго Университета (Сѣв. Америка).

кіе промежутки дѣлалось не мало ошибокъ и что субъективный элементъ долженъ былъ сильно измѣнять изображеніе. Стоитъ только сравнить одинъ изъ прежнихъ рисунковъ короны, прилагаемый на этой страницѣ, съ фотографіей (см. рис. стр. 57), чтобы недостаточность рисунка сразу бросилась въ глаза.

Благодаря быстротѣ и объективности въ важнѣйшихъ изслѣдованіяхъ, фотографія оказала драгоцѣнную помощь въ обоихъ случаяхъ прохожденія Венеры, наблюдавшихся въ этомъ столѣтіи. Главный интересъ этихъ явленій заключался въ слѣдующемъ: для различныхъ мѣстъ земли опредѣлить положеніе Венеры на солнечномъ дискѣ и отсюда найти разстояніе отъ насъ центральнаго свѣтила. Такъ какъ приходилось измѣрять очень малыя угловыя величины, лежащія въ предѣлахъ ошибокъ глаза и инструмента, то необходимо было произвести какъ можно больше измѣреній, чтобы легче опредѣлить случайныя ошибки. Но непосредственныя измѣренія съ телескопомъ требуютъ времени; пока длится явленіе, такихъ измѣреній можно произвести немного, а солнечныхъ фотографій за тоже время легко имѣть сотни. На нихъ мы получаемъ дискъ Венеры и положеніе его относительно солнечнаго края можно измѣрять въ полномъ покоѣ за рабочимъ столомъ, спустя какое угодно время послѣ самаго явленія. Оказалось, что результаты, полученные при помощи фотографіи во время наблюденія надъ послѣднимъ прохожденіемъ Венеры не менѣе цѣнны, чѣмъ результаты прямого измѣренія.

Существенное отличіе фотографическаго изображенія отъ того, которое получается въ нашемъ глазу, заключается въ неодинаковой цвѣтовой чувствительности пластинки и до извѣстной степени соотвѣтствуетъ свѣторазсѣянію въ телескопѣ (хроматизму). Глазъ различаетъ цвѣта, а пластинка только различія въ яркости. Но даже и эти различія не соотвѣтствуютъ степенямъ яркости, какъ ихъ чувствуетъ нашъ глазъ. Синіе предметы, которые намъ кажутся довольно темными, на пластинкѣ являются почти бѣлыми, тогда какъ желтые являются темными, а мы желтымъ цвѣтомъ обыкновенно передаемъ блестящее, яркое. Это явленіе, поскольку оно касается фотографической пластинки, мы легко можемъ объяснить вышесказаннымъ. Уже при знакомствѣ съ дѣйствіемъ телескопа мы нашли, что каждому цвѣту соотвѣтствуетъ особый родъ свѣтовыхъ колебаній. Изъ слѣдующей главы, мы узнаемъ, что фіолетовые лучи колеблются всего быстрѣе и дѣлаютъ при своемъ движеніи наименьшіе размахи. И потому, какъ можно себѣ по крайней мѣрѣ представить, они легче проникнутъ между атомами молекулъ и раздѣлятъ ихъ, т. е. произведутъ химическую реакцію. Но не такъ легко понять, почему въ глазу получаются иные результаты. Различеніе цвѣтовъ основано въ глазу не на химическихъ, а на чисто физическихъ процессахъ. Зрительныя палочки нашей сѣтчатки приходятъ въ такія же колебанія, какъ и ударяющіеся въ нихъ атомы эфира, и, смотря по быстротѣ, колебанія, эти будутъ восприниматься въ нашемъ мозгу въ формѣ различныхъ цвѣтовъ. Но различеніе яркости изображенія, помимо цвѣтовъ, можетъ и въ нашемъ глазѣ зависѣть отъ какого-нибудь химическаго процесса, присутствіе котораго вполнѣ вѣроятно; ибо существованіе образовъ воспоминанія должно быть связано съ какой-либо постоянной матеріальной основой. Такая постоянная основа можетъ создаваться только химико-физіологическимъ процессомъ.



Фотографія солнечной короны; снята астрономами Ликской обсерваторіи при полномъ солнечномъ затменіи 16 апрѣля 1893 г. въ Перу.

Если это такъ, то зрительный пурпуръ, постоянно увлажняющій сѣтчатку, можетъ, конечно, играть такую же роль, какъ окрашиваніе фотографическаго слоя эозиномъ и т. д., при помощи которыхъ Фогелю въ Берлинѣ впервые удалось сдѣлать пластинку чувствительной къ желтымъ и краснымъ лучамъ. Это своеобразное дѣйствіе красныхъ веществъ объясняется ихъ способностью какъ бы фильтровать лучи. Если какое-нибудь тѣло при проходящемъ свѣтѣ имѣетъ опредѣленную окраску, это значитъ, что оно пропускаетъ лучи только опредѣленной энергіи, и что всѣ остальные лучи, благодаря его молекулярному строенію задерживаются и уничтожаются въ немъ. Такъ, очень тонкій слой краснаго вещества уничтожаетъ часть фіолетовыхъ и голубыхъ лучей; поэтому количество фіолетовыхъ лучей, которые достигнутъ чувствительныхъ зеренъ серебряной соли, будетъ гораздо менѣе количества свободно проходящихъ желтыхъ и красныхъ лучей. Такой подборъ лучей какъ упомянуто, производится въ нашемъ глазу, вѣроятно, зрительнымъ пурпуромъ, и относительное количество лучей съ различнымъ числомъ колебаній, т. е. различнаго цвѣта, для чувствительной къ цвѣтамъ пластинки таково же, какъ и для нашего глаза. Описанное

дѣйствіе связано съ уничтоженіемъ свѣтовыхъ колебаній; поэтому-то пластинки, чувствительныя къ цвѣтамъ, работаютъ медленнѣе, чѣмъ обыкновенныя. Чувствительность находящихся въ продажѣ пластинокъ, обработанныхъ подобнымъ образомъ, почти вдвое меньше чувствительности обыкновенныхъ.

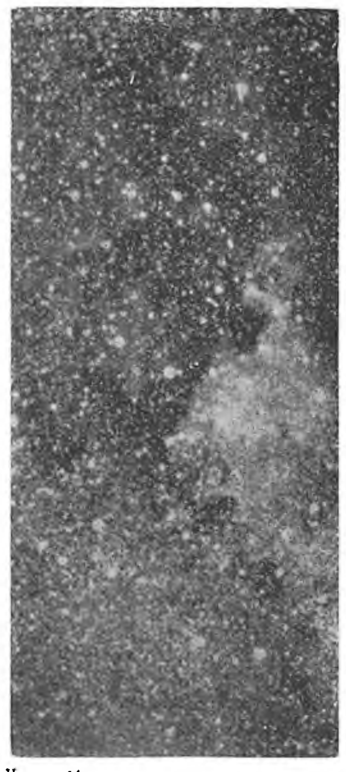
Такъ какъ при фотографированіи небесныхъ тѣлъ очень важно возможно больше сократить время экспозиціи, чтобы уменьшить случайныя ошибки, то понятно, что фотографическіе объективы нужно устраивать совершенно иначе, чѣмъ объективы, наиболѣе подходящіе для непосредственнаго наблюденія. Намъ извѣстно, что фіолетовые лучи даютъ изображеніе ближе къ объективу, чѣмъ всѣ остальные. Въ этомъ мѣстѣ мы и должны помѣстить нашу фотографическую пластинку, если хотимъ получить наиболѣе быстрое дѣйствіе. Фотографическій телескопъ долженъ быть короче обыкновеннаго. Мы увидимъ дальше, что, напримѣръ, для флинтгласа фіолетовое изображеніе лежитъ на пятнадцатую часть фокуснаго разстоянія ближе къ объективу, чѣмъ красное. Въ большомъ телескопѣ Ликской обсерваторіи это разстояніе уже болѣе метра. Мы знаемъ также, что въ телескопѣ нарочно стараются получить цвѣтное изображеніе отъ кронгласа на иномъ разстояніи, чѣмъ изображеніе того же цвѣта отъ флинтгласа; этимъ только отчасти уничтожается свѣторазсѣяніе. Но для фотографированія, конечно, всего выгоднѣе, если всѣ фіолетовые лучи сойдутся въ одной и той же точкѣ. Короче, для фотографіи нужно употреблять совершенно иныя системы стеколъ, чѣмъ для прямого наблюденія, если хотятъ достичь по возможности сильнаго дѣйствія. Для того, чтобы съ выгодой воспользоваться цѣнными большими телескопами для фотографическихъ цѣлей и не заводить особенной трубы спеціально для этого, что доступно только немногимъ обсерваторіямъ, прибѣгаютъ къ слѣдующему способу: при фотографированіи вставляютъ еще третье стекло, сдѣланное такимъ образомъ, что оно даетъ лучамъ желаемое направленіе. Въ телескопѣ на обсерваторіи Лика это коррективное стекло укорачиваетъ фокусное разстояніе на три метра. Такимъ образомъ получается гигантская фотографическая камера съ отверстіемъ въ 33 дм. и длиною въ 14 м. О работахъ ея мы еще часто будемъ говорить.

Не смотря на всѣ эти мѣры, результатъ фотографированія неба, по крайней мѣрѣ поскольку онъ касается данныхъ относительно яркости предметовъ, нельзя сравнить съ результатами, полученными непосредственно глазомъ, потому что свѣтъ звѣздъ имѣетъ различные цвѣтные оттѣнки. Желтыя и красныя звѣзды оставятъ поэтому на пластинкѣ меньшій кружокъ, чѣмъ это соотвѣтствуетъ ихъ яркости, опредѣленной глазомъ; за то синія дадутъ на пластинкѣ слишкомъ большіе кружки. Можетъ возникнуть вопросъ, кто болѣе правъ, пластинка или глазъ. Глазу, пожалуй, при этомъ придется уступить, ибо абсолютная сила свѣтового луча, измѣряемая матеріальной химической работой, которую отмѣчаетъ пластинка, ближе къ дѣйствительности. Но, вѣдь, всѣ вещи мы можемъ въ концѣ концовъ оцѣнивать только съ точки зрѣнія нашихъ органовъ чувствъ. Поэтому для насъ не остается ничего иного, какъ приводить показанія пластинки къ показаніямъ нашего глаза, хотя и менѣе точнымъ.

Если съ одной стороны эта разница въ воспріятіи глаза и пластинки вноситъ непріятную путаницу въ наши методы фотографическаго изслѣдованія, то съ другой стороны она сдѣлалась причиной въ высшей степени интересныхъ открытій, которыми мы обязаны исключительно пластинкѣ. Именно, она показала, что въ небесномъ пространствѣ существуютъ міры громаднаго протяженія, которыя приводятъ эфиръ въ бурныя колебанія, но никогда не могутъ быть видимы человѣческимъ глазомъ. Эти міры испускаютъ такъ называемый „ультрафіолетовый свѣтъ“, къ которому наши

глазные нервы нечувствительны: они отзываются только на колебанія, лежащія между извѣстными предѣлами; что выше или ниже этихъ предѣловъ, не ощущается нами, какъ свѣтъ. Къ этому мы возвратимся еще подробнѣе въ слѣдующей главѣ о спектральномъ анализѣ.

Неоднократно на фотографіяхъ замѣчали значительной величины пятна, которыя на негативахъ кажутся сильно зачерненными и при повтореніи того же снимка появляются снова въ томъ же положеніи относительно сосѣднихъ звѣздъ (см. рисунокъ такъ называемой туманности „Америка“ въ созвѣздіи Лебедя); телескопъ въ соотвѣтственномъ мѣстѣ неба не показываетъ ничего. Случилось однажды, что такое пятно было замѣчено на пластинкѣ, на которой находилось еще другое подобное же, соотвѣтствовавшее однако извѣстной туманности. Оба пятна потемнили пластинку почтивъ одинаковой степени, но одно изъ нихъ было невидимо даже въ лучшіе телескопы, тогда какъ другое блестѣло настолько ярко, что при особенно благопріятномъ состояніи воздуха его можно различать даже невооруженнымъ глазомъ. Слѣдовательно одно изъ нихъ испускало только невидимый свѣтъ. Здѣсь фотографія даетъ очень интересный матерьялъ для астрономіи невидимаго, изъ которой въ слѣдующихъ главахъ мы сообщимъ еще нѣсколько замѣчательныхъ данныхъ. Оказывается, что тамъ въ неизмѣримо далекихъ небесныхъ пространствахъ, куда мы должны отнести эти туманныя пятна, движутся атомы газовъ, которые стремятся соединиться въ новые міры, но движеніе ихъ еще нестройно; они приводятъ прилегающій эфиръ въ столь быстрыя колебанія, которыя не ощущаются нашими чувствами, предназначенными для воспріятія болѣе спокойныхъ явленій уже сложившагося міра.



Ультрафіолетовая туманность въ созвѣздіи Лебедя, открытая Максомъ Вольфомъ въ Гейдельбергѣ съ помощью фотографіи.

Черезъ врата нашихъ пяти чувствъ долженъ пройти весь міръ, который мы можемъ понять; но только два изъ этихъ чувствъ способны воспринимать внѣземныя впечатлѣнія и извѣщать о нихъ нашъ умъ: это — зрѣніе, а также осязаніе, позволяющее намъ ощущать солнечную теплоту. Но только солнце со всемогущей силой его лучей открывается этому послѣднему, сравнительно грубому чувству. Если же мы хотимъ предпринять болѣе тонкія изслѣдованія надъ теплотою окружающихъ насъ тѣлъ, то должны сдѣлать видимымъ ея дѣйствіе съ помощью термометра или другихъ болѣе совершенныхъ приспособленій, которыя мы опишемъ позднѣе. То же самое относится и ко всѣмъ другимъ чувствамъ: окончательнымъ судьей всегда оказывается чувство зрѣнія. Но вотъ, въ случаѣ ультрафіолетовыхъ цвѣтовъ отказывается и это чувство: и оно оказывется слишкомъ грубымъ. Тогда между нами и этимъ невидимымъ міромъ становится нѣчто болѣе чувствительное, чѣмъ нашъ глазъ, и даетъ намъ знать о существованіи этого міра! Пластинка улавливаетъ дѣйствіе этихъ быстрыхъ колебаній и спускаетъ ихъ до болѣе низкой октавы, которую уже человѣкъ способенъ ощущать.

Здѣсь мы упомянемъ еще два случая, въ которыхъ чувствительная пластинка даетъ болѣе, чѣмъ глазъ: во-первыхъ фотографированіе такъ

называемыхъ факеловъ на солнечной поверхности, которые вслѣдствіе ихъ незначительной разницы въ яркости сравнительно съ окружающими частями большею частью остаются невидимы для глаза, а во вторыхъ фотографированіе звѣздныхъ спектровъ. Но такъ какъ оба эти случая требуютъ знакомства съ спектральнымъ анализомъ, то описаніе ихъ мы откладываемъ до слѣдующей главы. Мы ограничимся здѣсь только тѣмъ, что въ бѣгломъ обзорѣ еще разъ сгруппируемъ выгоды фотографическаго изслѣдованія неба.

Прежде всего мы нашли, что сухая пластинка представляетъ вообще, одинаковыя выгоды и невыгоды съ большими рефракторами, пожалуй, только въ болѣе рѣзкой степени. Пластинка имѣетъ преимущество при изслѣдованіи слабосвѣтящихся предметовъ, если только главной задачей не является изслѣдованіе подробностей. Съ помощью пластинки въ такихъ случаяхъ малый телескопъ или даже обыкновенный фотографическій аппаратъ можетъ дать столько же, сколько и самый большой телескопъ. Въ особенности это относится къ изслѣдованію таинственнаго міра туманныхъ пятенъ, этихъ зародышей будущихъ солнечныхъ системъ. Мы обязаны многими интересными открытіями въ этой области исключительно чувствительной пластинкѣ, и нѣкоторыя изъ нихъ замѣтны только для нея одной.

Для изученія слѣдующей, высшей ступени міровъ, именно неподвижныхъ звѣздъ, лучше всего брать большіе телескопы вмѣстѣ съ фотографическимъ аппаратомъ; даже и съ малыми телескопами удается замѣтить столь слабыя свѣтовыя точки, которыя непосредственно въ телескопъ едва можно видѣть. Переходя въ нашемъ обзорѣ къ области нашего солнца, мы должны отмѣтить важное значеніе фотографіи для изслѣдованія главнаго властелина этого міра, основанное на способности пластинки давать моментальные снимки. Благодаря громадному обилію свѣта, фотографія солнца въ состояніи дать намъ почти все, что мы можемъ получить прямымъ наблюденіемъ, и даже болѣе. Поэтому чувствительную пластинку можно разсматривать здѣсь не только, какъ вспомогательное средство для прямого наблюденія,—нѣтъ, она почти совсѣмъ вытѣсняетъ послѣднее.

По отношенію къ другимъ членамъ солнечной системы пластинка остается все еще пока далеко позади; только въ изслѣдованіи луны она начинаетъ дѣлать успѣхи. Здѣсь надо ждать всего отъ изобрѣтенія болѣе чувствительныхъ веществъ, чѣмъ употребляемыя до сихъ поръ. Что подобное вещество существуетъ въ природѣ и ежедневно дѣйствуетъ, объ этомъ свидѣтельствуетъ на каждомъ шагу нашъ собственный глазъ.

Всѣ научные методы наблюденія стремятся все болѣе къ автоматическому регистрированію, какъ это дѣлаетъ и фотографическая пластинка. Это происходитъ потому, что при возростаніи работы необходимо заботиться о болѣе цѣлесообразномъ распредѣленіи времени. Теперь, когда пластинка отмѣчаетъ состояніе неба, изслѣдованіе его можетъ производиться въ любой моментъ, и на это дѣло могутъ идти силы, которыя не тратятся на механическую работу наблюденія. Какъ безусловно точная память астронома, небесная фотографія всегда сохранитъ свое значеніе и навѣрное сдѣлаетъ когда-нибудь все непосредственное наблюденіе излишнимъ. Конечно, теперь во время неизбѣжной переходной стадіи, глаза людей все еще должны находиться въ прямомъ сношеніи со звѣздами, чтобы перевести результаты стараго метода на новый.

Быстроногіе вѣстники вселенной сами записываютъ на фотографической пластинкѣ свои депеши, которыя мы можемъ читать потомъ въ любое время. Въ большинствѣ случаевъ мы можемъ положиться на вѣрность этихъ записей, и почти всюду, гдѣ наблюдается разница между тѣмъ, что даетъ глазъ и что даетъ пластинка, послѣдняя заслуживаетъ предпочтенія. Фотографія неба расширила и укрѣпила мостъ между нами и звѣздами.

4. Фотометрія.

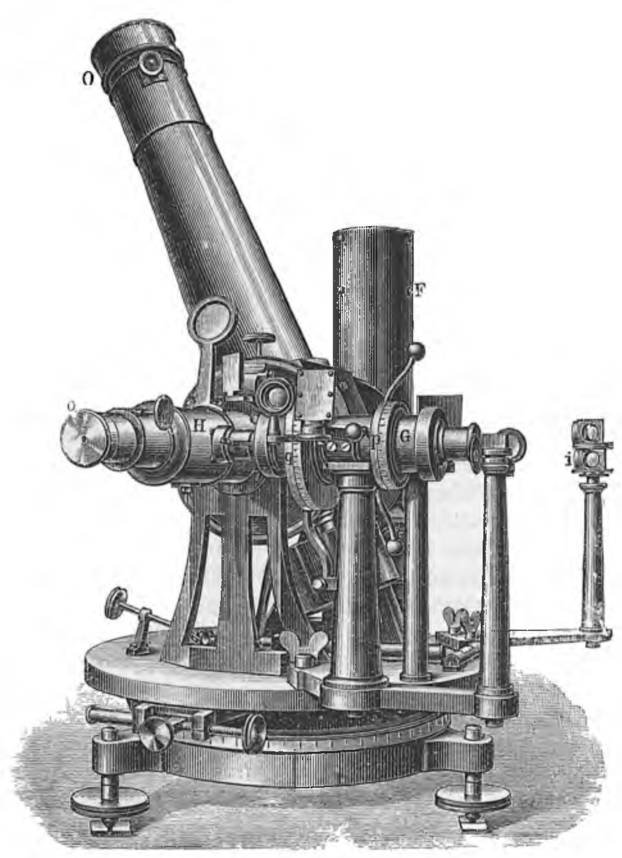
Фотографическіе методы, какъ мы видѣли, могутъ дать средство измѣрять относительную силу свѣта небесныхъ тѣлъ. Однако, сколько-нибудь точные результаты можно при этомъ получить только тогда, если фотографировать изслѣдуемыя небесныя тѣла на одной и той же пластинкѣ при одинаковомъ времени экспозиціи. Но такъ какъ для многихъ астрономическихъ вопросовъ очень важно измѣрять какой-либо абсолютной мѣрой какъ колебанія силы свѣта одного и того же объекта въ теченіе значительнаго промежутка времени, такъ и самостоятельную яркость его, то для этой цѣли изобрѣтены были особые инструменты — фотометры. Къ небеснымъ предметамъ фотометрія была впервые примѣнена около 100 лѣтъ тому назадъ Ламбертомъ, затѣмъ разработана Штейнгейлемъ, Зейделемъ и Цельнеромъ. Въ послѣднее время Мюллеръ въ Потсдамѣ и Зелигеръ въ Мюнхенѣ достигли въ этой области выдающихся результатовъ; первый преимущественно въ практическомъ, а второй въ теоретическомъ отношеніи.

Измѣреніе силы свѣта въ настоящее время пріобрѣтаетъ все бóльшее значеніе и въ практической жизни, именно для испытанія сравнительной выгоды различныхъ системъ освѣщенія; для этой цѣли устраиваютъ различнаго рода фотометры. Они всѣ основаны на одномъ общемъ принципѣ: рядомъ съ испытуемымъ источникомъ свѣта ставятъ передъ глазомъ какой нибудь постоянный, неизмѣнный источникъ свѣта и какимъ либо приспособленіемъ, поглощающимъ свѣтъ, стараются ослабить яркость того или другого настолько, чтобы оба казались глазу одинаково яркими. Измѣряя примѣненное поглощеніе свѣта, получаютъ данныя для сравненія обѣихъ яркостей. Проще всего принципъ фотометріи можно уяснить на бумажномъ экранѣ, на которомъ въ одномъ мѣстѣ сдѣлано жирное пятно. Тамъ, гдѣ находится пятно, бумага становится болѣе прозрачной и при падающемъ свѣтѣ кажется поэтому болѣе темной, чѣмъ непрозрачная бѣлая поверхность. Наоборотъ съ неосвѣщенной стороны экрана жирное пятно кажется свѣтлѣе, чѣмъ окружающія его части. Если теперь освѣтить и эту сторону экрана, то, измѣняя яркость свѣта, можно достичь того, что жирное пятно исчезнетъ для нашего глаза; произойдетъ это, очевидно, въ тотъ моментъ, когда освѣщеніе экрана съ обѣихъ строонъ будетъ одинаково.

Если хотятъ предпринять измѣреніе свѣта по этому принципу, то необходимо, чтобы источникъ свѣта, служащій для сравненія, все время сохранялъ одинаковую яркость. Ранѣе полагали, что обыкновенная свѣча извѣстныхъ размѣровъ удовлетворяетъ этому условію; поэтому еще и теперь говорятъ о силѣ свѣта нормальной свѣчи. Но при усовершенствованіи современныхъ измѣрительныхъ методовъ свѣча оказалась неудовлетворительной, и теперь устраиваютъ особенныя лампы, которыя наполняютъ очищенными маслами, амилацетатомъ, дающими все время одинаковую силу свѣта. Изъ этихъ лампъ наиболѣе распространена нормальная свѣча Гефнеръ-Альтенека. Между нормальнымъ источникомъ свѣта и испытуемымъ источникомъ помѣщаютъ масштабъ, по которому можетъ двигаться экранъ съ жирнымъ пятномъ. Между обоими источниками можно всегда найти такое положеніе, при которомъ жирное пятно исчезаетъ. Измѣривъ оба разстоянія, находятъ силу свѣта испытуемаго источника въ единицахъ нормальной свѣчи, на основаніи того принципа, что освѣщеніе убываетъ пропорціонально квадрату разстоянія. Такъ напр., если разстояніе экрана отъ нормальной свѣчи равно половинѣ разстоянія отъ измѣряемаго источника свѣта, то сила свѣта послѣдняго будетъ равна четыремъ нормальнымъ свѣчамъ; если разстоянія относятся какъ 1 : 3, то сила свѣта будетъ въ девять разъ больше и такъ далѣе.

Но измѣреніе силы свѣта звѣздъ конечно нельзя вести съ подобнаго рода аппаратами, такъ какъ здѣсь мы имѣемъ безконечно-большія разстоянія. Имѣются *астрофотометры* различной конструкціи. Самые точные и самые важные результаты далъ до послѣдняго времени звѣздный фотометръ Цельнера, изображенный на прилагаемомъ рисункѣ.

Онъ состоитъ прежде всего изъ ломанной трубы, т. е. такой, въ которой лучи, входящіе черезъ объективъ O, направляются затѣмъ при помощи призмы горизонтально къ окуляру o. Призма дѣйствуетъ здѣсь какъ зеркало, только одной изъ своихъ внѣшнихъ поверхностей; лучъ свѣта въ нее не проникаетъ. Позади призмы находится нормальная свѣча въ металлической трубѣ F; ея свѣтъ послѣ отраженія отъ призмы i направляется черезъ трубу G въ трубу окуляра H и отсюда послѣ вторичнаго отраженія идетъ къ окуляру параллельно съ лучемъ изслѣдуемой звѣзды идущимъ какъ разъ въ этомъ же направленіи. При помощи нѣкоторыхъ приспособленій свѣту нормальной свѣчи дается форма искусственной звѣзды, которая и разсматривается рядомъ съ настоящей. Въ трубу G помѣщаютъ такъ называемыя призмы Николя; онѣ поляризуютъ свѣтъ; вращая одну изъ нихъ, относительно другой, можно постепенно ослабить проходящій свѣтъ до полнаго потуханія. Вращеніе призмъ, отсчитываемое на кругѣ P, даетъ мѣру этого ослабленія. Ослабленіе производятъ до тѣхъ поръ, пока настоящая звѣзда не будетъ имѣть ту же яркость, какъ и искусственная. Такъ какъ испытуемые небесные предметы имѣютъ свѣтъ, различно окрашенный, то для точности сравненія искусственной звѣздѣ надо сообщать ту же окраску. Этого достигаютъ тѣмъ, что въ трубку G вставляютъ еще кусокъ горнаго хрусталя, который можно поворачивать при помощи цвѣтоизмѣрительнаго круга q и получать соотвѣтственные цвѣтные оттѣнки.



Астрофотометръ Цельнера въ Астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ. (Съ фотографіи.)

Съ помощью такого инструмента можно, конечно, сдѣлать гораздо болѣе точное измѣреніе силы свѣта, чѣмъ глазомъ, вооруженнымъ телескопомъ, хотя долголѣтняя практика въ этомъ направленіи приводитъ къ изумительной точности. Исполинскій трудъ боннской росписи звѣзднаго неба (Bonner Durchmusterung), о которой мы будемъ еще говорить позже, содержитъ оцѣнку яркостей всѣхъ звѣздъ, видимыхъ въ нашихъ широтахъ, до девятой величины, сдѣланную А р г е л а н д е р о м ъ и его помощниками безъ фотометра. Фотометрическое же измѣреніе, выполненное до

сихъ поръ только отчасти, показало, что яркости звѣздъ двухъ послѣдовательныхъ классовъ по Аргеландеру относятся между собой почти, какъ 5 къ 2. Результатъ этотъ любопытенъ въ томъ отношеніи, что Аргеландеръ подбиралъ свои классы такъ, чтобы яркость высшаго класса была вдвое слабѣе яркости предшествующаго класса. Точное измѣреніе показываетъ слѣдовательно болѣе быстрое паденіе яркости, чѣмъ кажется невооруженному глазу. Это вполнѣ согласно съ психофизическимъ закономъ, впервые выясненнымъ Фехнеромъ. По этому закону на нашу оцѣнку вліяетъ не разность между постепенно усиливающимися дѣйствіями, но ихъ отношеніе. Поэтому всегда легче замѣтить, что какое-нибудь слабое само по себѣ дѣйствіе немного усилилось, чѣмъ замѣтить усиленіе болѣе напряженнаго дѣйствія на такую же малую величину. Позднѣе мы увидимъ, что при оцѣнкѣ огромныхъ разстояній неподвижныхъ звѣздъ намъ часто помогаетъ ихъ яркость. Мы получили бы довольно невѣрные результаты, не принявъ въ разсчетъ этого постепеннаго перехода яркости.

Чтобы сравнить между собой различныя измѣренія яркостей звѣздъ на различной высотѣ надъ горизонтомъ, крайне важно какъ можно точнѣе опредѣлить такъ называемое поглощеніе свѣта въ нашей атмосферѣ. Миллеръ въ Потсдамѣ нашелъ, напр., что уже на высотѣ 18° надъ горизонтомъ яркость звѣздъ убываетъ на полвеличины противъ ихъ яркости въ зенитѣ; на 10° — на цѣлую величину, на 4° — на двѣ величины, на 2° — даже на три величины. При этихъ изслѣдованіяхъ надо принять въ вниманіе окраску звѣзднаго свѣта. Красныя звѣзды ослабляются сильнѣе синихъ.

Къ другимъ результатамъ небесной фотометріи мы вернемся въ различныхъ мѣстахъ.

---

5. Спектральный анализъ.

До сихъ поръ мы занимались такими способами чтенія свѣтовыхъ вѣстей, приходящихъ къ намъ изъ глубинъ вселенной, которые исключительно относились къ вопросу о распредѣленіи свѣта на данной площади. Мы узнавали такимъ путемъ форму, взаимное положеніе небесныхъ тѣлъ, видимыхъ нами съ земли, мы узнавали и устройство поверхности болѣе значительныхъ тѣлъ. Мы подсчитывали число колеблющихся атомовъ свѣтового эфира, которые въ опредѣленный моментъ встрѣчали опредѣленную площадь — сѣтчатку или фотографическую пластинку. Этотъ подсчетъ могъ намъ только сказать кое-что о распредѣленіи молекулъ на поверхности тѣхъ свѣтилъ, отъ которыхъ исходило это движеніе эфира. Иными словами, мы узнавали отсюда видъ небесныхъ тѣлъ. У свѣтилъ большій или меньшій блескъ ихъ отдѣльныхъ частей, указывающій намъ на подробности ихъ поверхности, бо́льшая или меньшая степень напряженности свѣта не являются, какъ мы знаемъ, слѣдствіемъ напряженія свѣтовыхъ колебаній, т. е. ихъ различной скорости.

Мы уже знаемъ, что свѣтовыя колебанія бываютъ на дѣлѣ различной силы и различной скорости, и что это обстоятельство мѣшаетъ устройству совершеннаго телескопа. Такъ какъ свѣтовой эфиръ передаетъ намъ различныя скорости колебанія своихъ атомовъ только отъ тѣхъ отдаленныхъ міровъ, которымъ они принадлежатъ въ дѣйствительности, то разнообразіе свѣтовыхъ колебаній указываетъ намъ на явленія, происходящія въ самыхъ небесныхъ тѣлахъ, что очень важно для изслѣдованія небесныхъ свѣтилъ; мы видимъ, что ихъ цвѣтъ указываетъ намъ на явленія, въ нихъ происходящія.

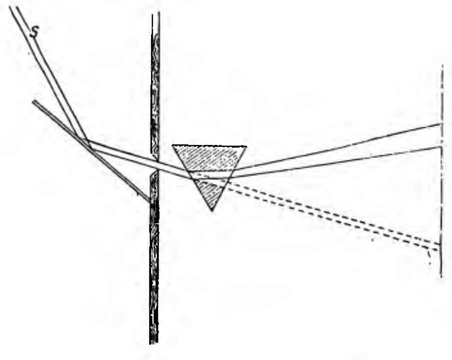
Поэтому прежде всего мы должны познакомиться съ ними, чтобы понять важность изслѣдованій, касающихся цвѣта или точнѣе состава свѣта небесныхъ тѣлъ, т. е. спектральнаго анализа. Для этой цѣли мы обратимся сначала къ землѣ и углубимся въ тотъ микрокосмъ, міры котораго слишкомъ малы для того, чтобы мы могли ихъ замѣтить, — въ міръ молекулъ и атомовъ.

Можно различнымъ образомъ представить себѣ дѣйствіе лучей различнаго цвѣта. Красные лучи менѣе отклоняются отъ прямого пути, проходя чрезъ сопротивляющуюся среду. Обстоятельство это наводитъ на мысль, что эфирные атомы, которые своимъ движеніемъ вызываютъ свѣтовое впечатлѣніе, проходятъ пустое пространство съ различною скоростью. Чѣмъ быстрѣе движется тѣло, тѣмъ больше его моментъ инерціи. Казалось бы, что оно съ бо̀льшимъ трудомъ можетъ быть отклонено отъ первоначальнаго своего направленія, чѣмъ тѣло, медленнѣе движущееся.

Это однако противорѣчитъ опыту. Скорость свѣта удалось измѣрить, причемъ доказали, что всѣ свѣтовые лучи распространяются съ одинаковою весьма большою скоростью около 300,000 клм. въ секунду; столь значительную скорость опредѣлили съ помощью быстро вращающагося зубчатаго колеса, между двумя зубцами котораго проходилъ свѣтовой лучъ на весьма большомъ разстояніи между зеркалами. При опредѣленной длинѣ пути лучъ возвращался къ зубчатому колесу какъ разъ тогда, когда слѣдующій зубецъ преграждалъ ему путь, такъ что глазъ наблюдателя позади колеса не могъ уже видѣть свѣта. Если затѣмъ увеличивали вдвое длину пути или скорость вращенія колеса, то лучъ снова дѣлался видимымъ, потому что онъ проходилъ тогда чрезъ слѣдующій промежутокъ между двумя зубцами, и т. д. Опытъ, повторенный для лучей свѣта различныхъ цвѣтовъ, никакой разницы въ скорости распространенія свѣта не обнаружилъ. Наблюдая просто глазомъ небесныя явленія, можно тоже прямо доказать одинаковую скорость всѣхъ родовъ свѣта. Такъ, напр., въ неизмѣримыхъ разстояніяхъ отъ насъ, которыя свѣтъ проходитъ несомнѣнно въ теченіе годовъ, находятся такъ называемыя перемѣнныя звѣзды. Онѣ измѣняютъ свою яркость въ правильные промежутки времени и принадлежатъ къ интереснѣйшимъ свѣтиламъ. Ниже мы увидимъ, что у нѣкоторыхъ изъ нихъ эти измѣненія свѣта вызываются темными тѣлами, близко проходящими передъ ними. Бѣлый свѣтъ этихъ звѣздъ состоитъ изъ лучей всѣхъ цвѣтовъ; поэтому если бы ихъ скорость была различная, они доходили бы къ намъ въ различное время. Звѣзда слѣдовательно послѣ своего затменія должна была бы стать фіолетовою, потомъ синею и т. д., и наконецъ красною или наоборотъ. А этого на дѣлѣ не бываетъ.

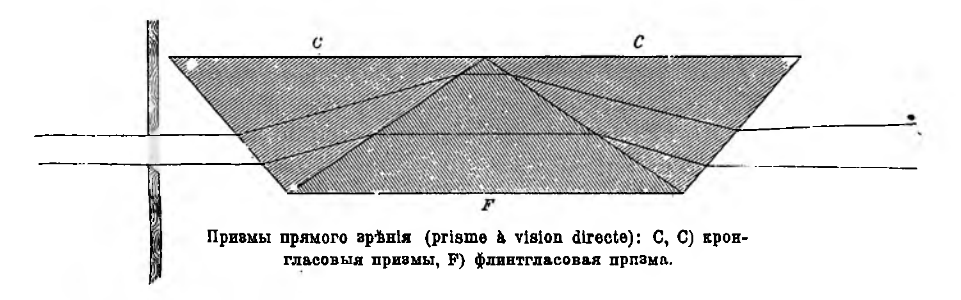
Въ этомъ послѣднемъ случаѣ мы оставались на почвѣ старой теоріи истеченія свѣта, которая предполагала, что свѣтящееся тѣло испускаетъ нѣчто въ родѣ свѣтового вещества, достигающаго до нашего глаза. Свѣтовой атомъ, который поражаетъ колбочку нашей сѣтчатки и производитъ свѣтовое ощущеніе, являлся бы при этомъ дѣйствительно матеріальною частицей свѣтящагося тѣла. Въ настоящее время, однако, мы должны отбросить этотъ взглядъ. Чрезъ лучеиспусканіе свѣтящіяся тѣла ничего не теряютъ изъ своей массы, и масса освѣщеннаго тѣла не увеличивается. Все явленіе лучеиспусканія скорѣе сходно съ распространеніемъ звука, которое происходитъ, какъ то несомнѣнно доказываютъ опыты, отъ волнообразнаго движенія воздуха. Поэтому мы должны разсматривать свѣтъ такъ же,какъ волнообразное движеніе, правда, не воздуха, по безконечно болѣе тонкой среды—эфира, заполняющаго все міровое пространство. Подъ скоростью распространенія свѣта мы должны понимать скорость распространенія его волнъ, причемъ атомы эфира, колеблющіеся около средняго своего положенія, не имѣютъ въ общемъ поступательнаго движенія.

Эту полную независимость распространенія волнообразнаго движенія отъ движенія колеблющейся среды можно весьма ясно наблюдать при извѣстныхъ обстоятельствахъ на поверхности воды, напр., на Женевскомъ озерѣ въ томъ мѣстѣ, гдѣ при Бувре Рона впадаетъ въ озеро. Здѣсь Рона по большей части грязнаго желтаго цвѣта, потому что быстрымъ теченіемъ рѣки изъ глетчеровъ приносится песокъ. Такъ какъ вода рѣки гораздо холоднѣе темносиней воды озера, то вслѣдствіе своей большей плотности, вода рѣки, потерявъ силу своего теченія, тотчасъ же погружается вглубь озера. Желтая и синяя вода кажутся совершенно рѣзко разграниченными. Если озеро неспокойно, то волны свободно переходятъ чрезъ эту границу. Хотя здѣсь желтыя водяныя частицы быстро устремляются въ глубину, а синія не имѣютъ почти никакого поступательнаго движенія, однако и тѣ и другія участвуютъ въ ритмическомъ колебательномъ движеніи волнъ; между тѣмъ намъ кажется, будто вода также быстро движется впередъ, какъ идутъ гребни волнъ.



Дисперсія (свѣторазсѣяніе) бѣлаго свѣта въ призмѣ.

Чтобы согласовать различное дѣйствіе отдѣльныхъ свѣтовыхъ лучей съ этою теоріей волнообразнаго движенія эфира, мы должны принять, что ихъ различное дѣйствіе происходитъотъ различной величины и скорости свѣто-

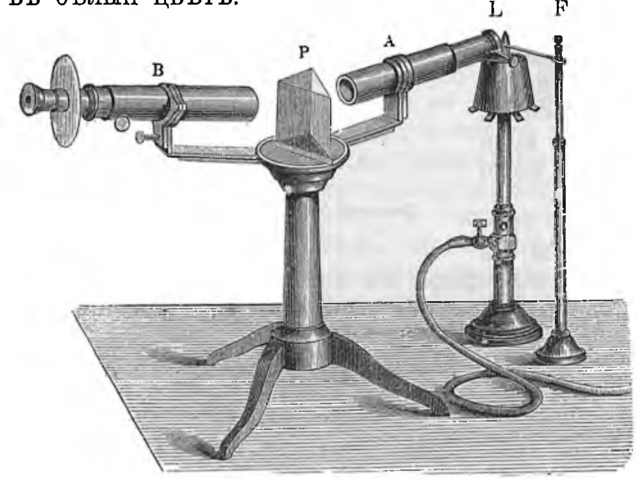


Призмы прямого зрѣнія (prisme à vision directe): C, C) кронгласовыя призмы, F) флинтгласовая призма.

выхъ волнъ, какъ это бываетъ у звука. Но какимъ образомъ можемъ мы измѣрить эти свѣтовыя волны, если онѣ сами по себѣ совершенно невидимы?

Для этого прежде всего мы должны разложить смѣшеніе цвѣтовъ, посылаемыхъ намъ свѣтящимся тѣломъ, на отдѣльные роды свѣта, чтобы можно было особо изслѣдовать длину волны каждаго цвѣта. Мы уже раньше нашли къ тому средство, когда изслѣдовали устройство телескопа. Мы видѣли тогда, что каждая линза разлагаетъ свѣтъ на его отдѣльные цвѣта; требовалось, какъ извѣстно, большое искусство, чтобы почти устранить это крайне вредное свѣторазсѣяніе посредствомъ сочетанія двухъ стеколъ. Здѣсь именно этотъ недостатокъ оптическихъ стеколъ оказывается весьма важнымъ. Главная часть инструмента, употребляемаго для раздѣленія цвѣтовъ,—спектроскопа, состоитъ изъ стекляннаго тѣла, которое можно считать увеличеннымъ элементомъ линзы. Это — стеклянный клинъ или призма. Всѣмъ извѣстно, что всѣ предметы видны чрезъ призму съ цвѣтными краями. Причина этого явленія намъ уже понятна: она заключается въ различномъ сопротивленіи, которое испытываютъ движущіеся атомы свѣтового эфира, вступая въ различныя вещества. Мы знаемъ также, что отклоненіе происходитъ такъ, какъ показано выше на рисункѣ. Тутъ S обозна-

чаетъ пучекъ свѣта, идущаго отъ солнца; съ помощью зеркала этотъ пучекъ направленъ чрезъ щель на призму. Красный лучъ отклоняется не такъ сильно, какъ прочіе лучи, изъ которыхъ состоялъ первоначальный бѣлый лучъ; фіолетовый же лучъ отклоняется всего сильнѣе. Уже зеркало показываетъ намъ, что мы видимъ предметы въ томъ направленіи, откуда идетъ послѣдняя часть луча, попавшаго въ нашъ глазъ. Такимъ же точно образомъ, мы увидимъ чрезъ призму красный предметъ въ другомъ мѣстѣ, чѣмъ фіолетовый, хотя оба предмета находятся въ одномъ направленіи. Если свѣтъ тѣла состоитъ изъ разныхъ цвѣтовъ, то призма дастъ особое изображеніе тѣла для каждаго цвѣта; всѣ изображенія будутъ лежать рядомъ другъ съ другомъ; мы увидимъ предметъ съ хорошо намъ знакомыми цвѣтными краями, потому что различныя изображенія накрываютъ другъ друга; въ срединѣ же изображенія цвѣта опять соединяются въ бѣлый цвѣтъ.



Спектроскопъ. (Значеніе буквъ въ текстѣ.)

То же самое обстоятельство служитъ причиной, что мы въ неахроматическомъ телескопѣ не можемъ получить рѣзко ограниченныхъ изображеній.

Для нашей цѣли вовсе не надо отчетливыхъ изображеній изслѣдуемыхъ предметовъ; мы вообще и не желаемъ ихъ видѣть, только бы ихъ отдѣльные цвѣта располагались въ такомъ порядкѣ, какъ мы ихъ наблюдаемъ въ призмѣ на краю изображенія. Поэтому вообще надо пропустить свѣтъ только отъ этого края въ инструментъ, служащій для нашей цѣли. Это дѣлается весьма просто: передъ призмой помѣщаютъ совершенно тонкое отверстіе прямолинейной формы — щель, чрезъ которую и пропускается изслѣдуемый свѣтъ. Эта щель даетъ безъ призмы только изображеніе свѣтовой линіи на экранѣ, если чрезъ нее свѣтитъ солнце; съ призмой же щель даетъ красивое цвѣтное изображеніе, потому что каждый цвѣтъ, изъ котораго состоитъ солнечный свѣтъ, образуетъ на экранѣ свою линію рядомъ съ другою. Эту цвѣтную полосу назвали спектромъ даннаго свѣтящагося предмета. Спектроскопъ, посредствомъ котораго наблюдается спектръ, состоитъ собственно только изъ щели и призмы; всѣ прочія части спектроскопа служатъ только къ тому, чтобы получить рѣзкое изображеніе щели и сдѣлать точное измѣреніе. Рисунокъ, помѣщенный выше, изображаетъ этотъ необыкновенно простой приборъ. Результаты, добытые спектроскопомъ, правильно истолкованные, дали намъ возможность въ короткій промежутокъ времени тридцати лѣтъ, въ теченіе котораго онъ служитъ къ изслѣдованію неба, получить совершенно неожиданныя свѣдѣнія о составѣ отдаленнѣйшихъ міровъ.

На рисункѣ этомъ мы видимъ справа пламя F, въ немъ сгораетъ вещество, свѣтъ котораго мы изслѣдуемъ спектроскопомъ. Въ L находится щель, ширину которой можно регулировать по желанію. Малая труба A служитъ только для того, чтобы собирать лучи щели, потому что въ противномъ случаѣ они составили бы расходящійся пучекъ вслѣдствіе большой близости пламени. Эту трубу съ щелью называютъ коллиматоромъ. Въ

P находится призма, которая растягиваетъ линiю щели въ полосу спектра. Чрезъ трубу B разсматриваютъ спектръ въ увеличенномъ видѣ.

Разумѣется, для различныхъ требованiй практики спектроскопы устраиваются разнообразной формы и конструкцiи. Въ случаѣ примѣненiя спектроскопа къ неподвижнымъ звѣздамъ, которыя представляются намъ лишь свѣтящимися точками, коллиматоръ и щель ненужны, потому что свѣтлый лучъ тутъ и безъ того достаточно узокъ. Вообще звѣзда даетъ въ спектроскопѣ цвѣтную растянутую линiю, а не полосу спектра. Чтобы получить спектръ звѣзды въ видѣ полосы, надо помѣстить передъ призмой такъ называемую цилиндрическую линзу, которая дастъ изображенiе звѣзды въ видѣ линiи. Призма расширитъ тогда эту линiю въ полосу. Далѣе придумали сочетанiе призмъ, которое устраняетъ неудобное отклоненiе лучей, связанное съ ихъ преломленiемъ въ призмѣ. Это отклоненiе значительно затрудняетъ розысканiе небеснаго тѣла, потому что мы видимъ его въ обыкновенномъ спектроскопѣ совершенно въ иномъ направленiи, чѣмъ въ обыкновенную трубу. Какъ идутъ лучи въ этихъ „спектроскопахъ прямого зрѣнiя“, видно изъ схематическаго рисунка на стр. 65. Наконецъ, необходимо различать окулярный и объективный спектроскопы; изъ нихъ почти исключительно употребляется первый. Какъ показываетъ названiе, окулярный спектроскопъ придѣлывается къ телескопу въ томъ мѣстѣ, гдѣ обыкновенно находится окуляръ; поэтому онъ сравнительно малъ. При этомъ, инструментъ можетъ быть всегда направленъ только на одну звѣзду. Наоборотъ, при объективномъ спектроскопѣ большая призма помѣщается передъ самымъ объективомъ. Изображенiя всѣхъ звѣздъ, которыя при обыкновенныхъ условiяхъ можно заразъ обозрѣть въ телескопъ, растягиваются посредствомъ этой призмы въ узкiя цвѣтныя полосы; ихъ разсматриваютъ потомъ заразъ чрезъ окуляръ. Пикерингъ въ Кембриджѣ (Сѣверная Америка) уже нѣсколько лѣтъ спектроскопически изслѣдуетъ небо съ помощью такого объективнаго спектроскопа; къ этой цѣли онъ примѣнилъ также фотографiю, о чемъ у насъ будетъ рѣчь впереди. Въ Кембриджѣ получены и изслѣдованы уже десятки тысячъ звѣздныхъ спектровъ. Для такихъ массовыхъ спектральныхъ снимковъ объективный спектроскопъ предпочтительнѣе окулярнаго, но съ нимъ нельзя сдѣлать такихъ тонкихъ детальныхъ изслѣдованiй. Съ помощью спектроскопа мы можемъ раздѣлить различные лучи свѣта, идущiе къ намъ отъ свѣтящагося тѣла, чтобы изслѣдовать ихъ особо. Примѣнимъ нашу призму прежде всего къ какому-нибудь земному источнику свѣта, который доступенъ нашей повѣркѣ, напр., къ пламени свѣчи. Мы замѣтимъ въ спектроскопѣ красивую сплошную цвѣтную полосу, какъ это воспроизведено на первомъ мѣстѣ нашей таблицы (стр. 71). Всѣ возможные цвѣтные оттѣнки, которымъ нѣтъ числа, представлены въ свѣтѣ свѣчи. Съ одной стороны начинается красный цвѣтъ, наименѣе отклоненный отъ прямаго направленiя между свѣчей и глазомъ; красный цвѣтъ постепенно переходитъ въ блестящiй желтый и потомъ въ зеленый; за нимъ слѣдуетъ большая синяя часть, и спектръ кончается все болѣе и болѣе блѣднымъ фiолетовымъ цвѣтомъ. Въ указанномъ порядкѣ должно, значитъ, по нашему предположенiю убывать и количество ударовъ свѣтовыхъ волнъ. Свѣченiе пламени свѣчи происходитъ отъ ярко раскаленныхъ мельчайшихъ частицъ угля; частицы эти осѣдаютъ въ видѣ копоти, если въ пламени не развивается достаточнаго жара, чтобы раскалить эти частицы угля и наконецъ сжечь ихъ.

Слѣдовательно, кажется, будто бы тѣло раскаленное до бѣла испускаетъ свѣтовыя волны всякаго рода и напряженiя; это и подтверждается на самомъ дѣлѣ дальнѣйшими опытами. Какое бы тѣло мы ни привели въ состоянiе бѣлаго каленiя, оно всегда покажетъ въ призмѣ непрерывную цвѣтную полосу, такъ называемый сплошной спектръ. Мы должны

только при этомъ опытѣ позаботиться, чтобы изслѣдуемое вещество не улетучилось вслѣдствіе жара.

Тогда сейчасъ же наступаетъ существенное измѣненіе спектра. Мы можемъ наблюдать это, бросивъ въ пламя свѣчи крупинку поваренной соли. Мгновенно въ желтомъ цвѣтѣ заблеститъ опредѣленная узкая полоска, пока соль не испарится. Сдѣлаемъ этотъ опытъ съ пламенемъ, слабо свѣтящимся и дающимъ поэтому едва замѣтный спектръ, напр., съ пламенемъ спирта. Тогда сейчасъ появится яркая желтая линія въ опредѣленномъ неизмѣнномъ мѣстѣ, если только тамъ есть малѣйшее количество поваренной соли. Отсюда мы должны заключить, что молекулы, составляющія поваренную соль, въ тотъ моментъ, когда подъ вліяніемъ жара онѣ переходятъ въ состояніе пара и свѣтятся, испытываютъ колебанія особаго рода; эти колебанія передаются атомамъ эфира, чтобы вызвать свѣтовыя волны одной только формы; призма какъ сопротивляющаяся среда, отклоняетъ ихъ опредѣленнымъ образомъ: въ большей мѣрѣ, чѣмъ красные лучи и въ меньшей сравнительно съ синими лучами.

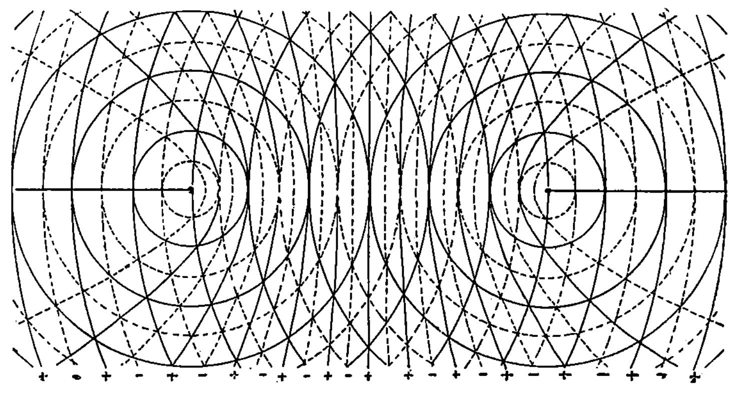


Схема для объясненія стоячихъ волнъ.

Въ этомъ однородномъ, монохроматическомъ свѣтѣ поваренной соли мы находимъ средство ближе изслѣдовать родъ этихъ особенныхъ свѣтовыхъ волнъ, потому что здѣсь онѣ такъ хорошо отдѣлены отъ другихъ свѣтовыхъ дѣйствій.

Затѣмъ мы задаемся мыслью изучить главныя свойства свѣтовыхъ волнъ, ихъ длину и скорость, притомъ для каждаго цвѣта особо. Мы уже раздѣлили лучъ свѣта на отдѣльные цвѣта. Какъ же мы измѣримъ очевидно необычайно малыя и быстро колеблющіяся свѣтовыя волны? Для этого мы должны воспользоваться какими-нибудь особыми свойствами волнъ вообще; чтобы ихъ открыть, всего лучше ближе изучить единственный родъ видимыхъ намъ волнъ, а именно волны водяной поверхности. Измѣрить ихъ величину и скорость въ то время, какъ онѣ быстро несутся по поверхности и непрерывно измѣняются, представило бы едва преодолимую трудность даже для этихъ большихъ волнъ. Но намъ можно прибѣгнуть къ нѣкоторой уловкѣ. Для этой цѣли намъ послужатъ такъ называемыя стоячія волны. Ихъ легко сдѣлать, бросивъ въ спокойную воду два камня сразу, такъ чтобы они упали въ воду единовременно и съ одинаковою силой на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга. Какъ только водяные круги, которые быстро расходятся отъ обоихъ центровъ удара. начнутъ пересѣкаться, въ этихъ точкахъ пересѣченія образуются стоячія волны. Эти волны вдвое выше волнъ, идущихъ въ томъ же направленіи отъ точки удара; между этими высшими волнами вода остается совершенно неподвижною. Какъ это явленіе происходитъ, покажетъ схематическая фигура, помѣщенная выше. Круги обозначаютъ гребни волнъ, а пунктирные круги—впадины волнъ; гребень и впадины волны постоянно движутся впередъ, такъ что спустя короткое время на мѣстѣ гребня появляется впадина волны. Въ линіяхъ, обозначенныхъ знакомъ—, какъ легко видѣть,

впадины волнъ одной системы совпадаютъ съ гребнями волнъ другой системы; слѣдовательно, ихъ дѣйствіе уничтожается, и вода остается спокойною. Въ линіяхъ со знакомъ + наоборотъ: гребень волнъ одной системы сочетается въ извѣстный моментъ съ гребнемъ волнъ другой системы, въ ближайшій же моментъ то же самое бываетъ съ двумя впадинами волны; здѣсь поэтому движеніе воды получается вдвое больше. Точки пересѣченія круговъ, какъ бы далеко эти круги ни расходились, остаются на тѣхъ же самыхъ мѣстахъ; поэтому и эти двойныя волны остаются на мѣстѣ, такъ что мы можемъ вполнѣ спокойно изучать ихъ..

Если дѣйствіе свѣта основано на подобномъ волнообразномъ движеніи, то мы можемъ также произвести такія стоячія свѣтовыя волны; при этомъ онѣ обнаружатся для насъ въ томъ, что при послѣдовательномъ дѣйствіи двухъ источниковъ свѣта темныя мѣста выступятъ между особенно свѣтлыми мѣстами. Въ этихъ то свѣтлыхъ мѣстахъ и находятся стоячія волны, въ темныхъ же мѣстахъ дѣйствіе обоихъ источниковъ свѣта взаимно уничтожается. Такимъ образомъ, мы выводимъ замѣчательное слѣдствіе волнообразной теоріи свѣта, а именно: если при нѣкоторыхъ условіяхъ прибавить свѣтъ къ свѣту, то получается темнота. Это подтверждается опытомъ, и въ свое время дало рѣшающее доказательство справедливости этой теоріи.

Можно повторить этотъ такъ называемый опытъ Френеля съ зеркалами сравнительно легко. Чтобы не было пробѣла въ ходѣ нашего доказательства, мы представимъ его, по крайней мѣрѣ, схематически. Эти явленія волнообразнаго движенія свѣта существенно важны для уразумѣнія спектральныхъ изслѣдованій неба.

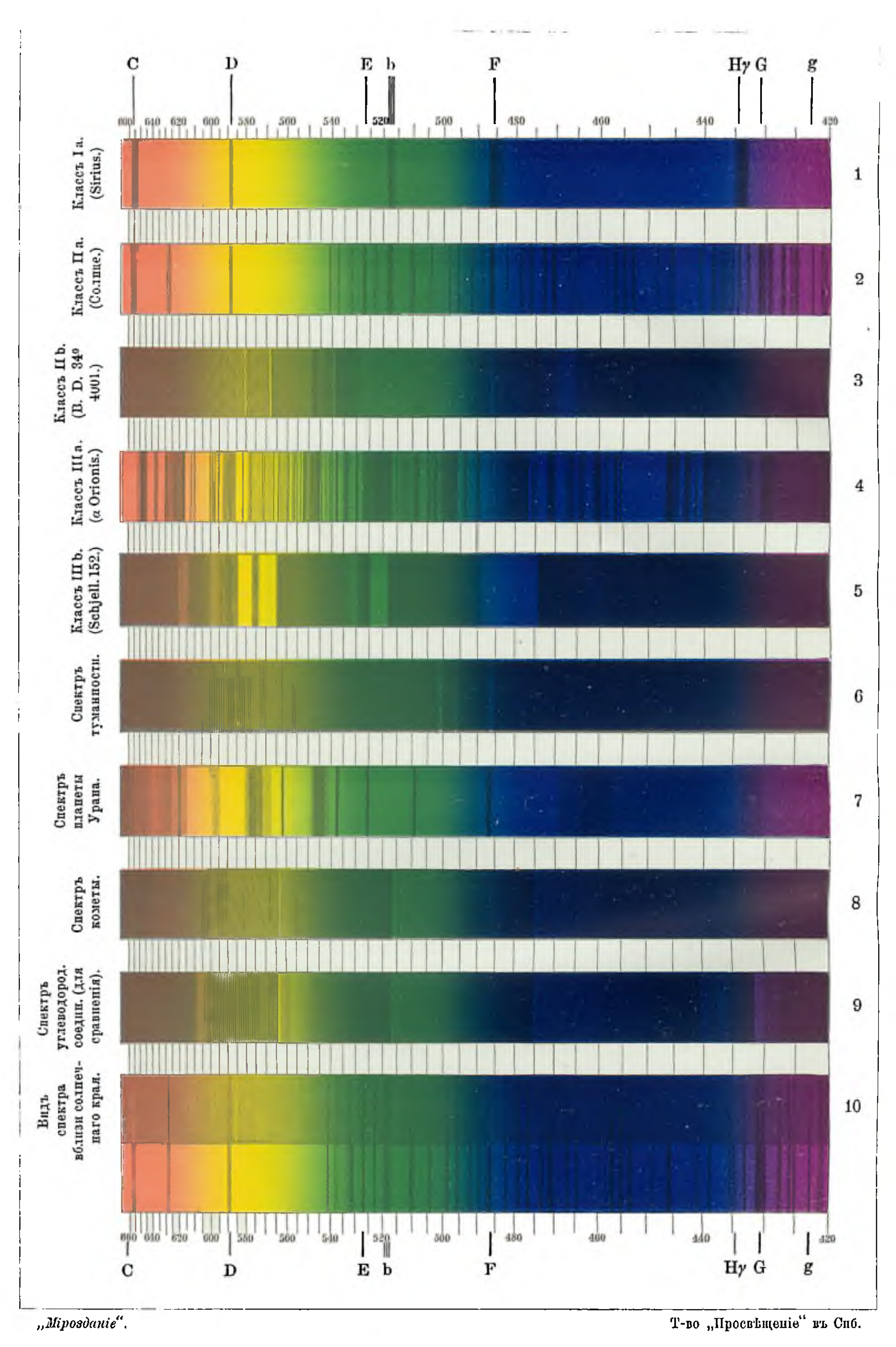
Если соотвѣтственнымъ образомъ расположенными зеркалами раздѣлить лучи какого-нибудь источника однороднаго свѣта, напр., желтой линіи натрія и затѣмъ снова соединить ихъ на экранѣ такъ, чтобы длина ихъ пути до извѣстной точки экрана была различная, то появятся поочередно рядомъ другъ съ другомъ темныя и свѣтлыя полосы, строго соотвѣтствующія стоячимъ волнамъ. Это явленіе называется интерференціей свѣтовыхъ лучей. Безъ сомнѣнія, интерференція происходитъ слѣдующимъ образомъ: въ извѣстномъ мѣстѣ гребень волны одного луча какъ разъ совпадаетъ съ углубленіемъ волны другого луча, такъ что волнообразное движеніе свѣта вообще взаимно уничтожается, и слѣдовательно появляется темнота. Въ другомъ же мѣстѣ, наоборотъ, вершина волны одного луча встрѣчается съ вершиной же волны другого луча, и получается двойное свѣтовое дѣйствіе. Измѣряя взаимныя разстоянія стоячихъ свѣтовыхъ волнъ и сравнивая ихъ съ разностью длины пути между обоими свѣтовыми лучами, можно прямо вычислить величину свѣтовыхъ волнъ.

Это и сдѣлано для всѣхъ цвѣтовъ непрерывнаго спектра. При этомъ, какъ и слѣдовало ожидать, нашли, что незамѣтно переходящіе цвѣтовые оттѣнки имѣютъ также незамѣтно отличающуюся другъ отъ друга длину волнъ. Длина волнъ постепенно растетъ отъ фіолетоваго цвѣта къ красному. Абсолютная величина длины волнъ крайне мала. Для краснаго цвѣта въ самомъ началѣ спектра нашли длину волны около 760 милліонныхъ долей миллиметра. Эта величина до того мала, что ее нельзя себѣ представить; однако съ помощью искусныхъ пріемовъ измѣренія ее можно было опредѣлить съ точностью. Для крайнихъ фіолетовыхъ лучей, которые еще доступны нашему глазу, длина волны оказалась почти вдвое меньше. Слѣдовательно нашъ глазъ, если сдѣлать сравненіе со звукомъ, обнимаетъ почти цѣлую октаву; сфера дѣятельности глаза значительно меньше, чѣмъ у нашего уха, которое обнимаетъ почти десять октавъ. Слѣдуетъ замѣтить, что колебанія эфира никоимъ образомъ не прекращаются на предѣлахъ своей видимости. Мы видѣли уже въ фотографіи, что существуютъ ультрафіоле-

товые лучи. Прибавимъ, что съ помощью особыхъ опытовъ нашли, что спектръ значительно заходитъ за видимую красную часть; такимъ образомъ шкала начинается уже 0,1 мм. и оканчивается 0,00019 мм. Значитъ, многія октавы принадлежатъ инфракраснымъ лучамъ, обладающимъ наибольшимъ тепловымъ дѣйствіемъ; только одна октава принадлежитъ видимымъ лучамъ, и одна октава — ультрафіолетовымъ химическимъ лучамъ. Насъ равно интересуютъ эти три рода лучей; потому что мы желаемъ чрезъ нихъ узнать о тѣхъ явленіяхъ, которыя вызываютъ эти колебанія эфира въ отдаленныхъ небесныхъ тѣлахъ. Съ этой точки зрѣнія намъ важно узнать, съ какою быстротой слѣдуютъ другъ за другомъ эти необычайно малыя колебанія. Это легко найти изъ простыхъ соображеній. Мы уже знаемъ, съ какою скоростью распространяется такая волна въ пространствѣ. Такъ какъ волны слѣдуютъ чрезъ равные промежутки, то весь путь, проходимый свѣтомъ, долженъ быть равномѣрно покрытъ этими волнами. Слѣдовательно, на пространствѣ въ 300,000 клм., которое пробѣгаетъ свѣтъ всѣхъ различныхъ цвѣтовъ, находится около 100 билліоновъ волнъ; ихъ длина равна длинѣ волнъ инфракраснаго цвѣта, т. е. 3 тысячнымъ долямъ миллиметра, потому что 300,000 километровъ составляютъ 300.000.000.000.000 тысячныхъ долей миллиметра (300 билліоновъ), а каждая волна длиной въ три такихъ тысячныхъ доли миллиметра. Всѣ доходятъ до нашего глаза въ теченіе одной секунды; слѣдовательно необходимо 100 билліоновъ ударовъ эфира въ одну секунду, чтобы вызвать дѣйствіе этихъ невидимыхъ инфракрасныхъ лучей. Чѣмъ меньше волны т. е., чѣмъ дальше отходимъ мы къ фіолетовому концу спектра, тѣмъ больше волнъ будетъ на томъ же самомъ пространствѣ, и тѣмъ чаще онѣ поражаютъ спокойную поверхность. Поэтому первый видимый красный лучъ вызывается около 400 билліонами волнъ, послѣдній видимый фіолетовый лучъ—вдвое большимъ числомъ волнъ, крайній ультрафіолетовый лучъ — почти 1600 билліонами колебаній въ секунду.

Какъ безконечно малъ тотъ міръ, въ которомъ эти движенія происходятъ постоянно съ тою же непоколебимою точностью, какъ движенія великихъ міровъ вселенной! Длина наименьшаго свѣтового колебанія содержится не менѣе 400 разъ въ толщинѣ волоска, которую мы считаемъ предѣломъ нашихъ представленій о величинѣ. И если мы измѣнимъ подобнымъ же образомъ наше понятіе о времени, для котораго мы можемъ создать только человѣческую мѣрку, то мы можемъ представить себѣ существа, которыя различаютъ колебанія самаго быстраго свѣтоваго луча, какъ отдѣльное мгновеніе, между тѣмъ какъ для насъ оно должно длиться по крайней мѣрѣ, десятую долю секунды. Для такихъ существъ понятіе времени увеличивается въ 160 билліоновъ разъ; если его жизнь продолжается относительно такъ же долго, какъ наша жизнь, то она составляетъ лишь стотысячную часть нашей человѣческой секунды. Какими грубыми созданіями кажемся мы, люди, по сравненію съ безконечною тонкостью того сочетанія свѣта, красокъ, тепла и звука, что окружаетъ насъ въ безжизненномъ, повидимому, пространствѣ, и постоянно чуднымъ образомъ занимаетъ всѣ наши чувства. Безъ устали работаетъ природа вплоть до самыхъ крайнихъ своихъ глубинъ!

Эти безконечно нѣжныя колебанія эфира суть, какъ мы раньше узнали, слѣдствія внутреннихъ движеній малѣйшихъ частицъ тѣла, испускающаго эти колебанія. Нельзя иначе представить себѣ ходъ явленія, какъ допустивъ столь тонкое строеніе вещества, что его отдѣльныя частицы свободно движутся и описываютъ внутри его различные пути; это то и возбуждаетъ колебанія эфира. Каждая молекула, слѣдовательно каждая матеріальная частица, тысячи и тысячи которыхъ заключаются въ мельчайшемъ зернышкѣ, еще доступномъ микроскопу, представляетъ также солнечную си-



„Мірозданіе“.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

СПЕКТРЫ НЕБЕСНЫХЪ ТѢЛЪ.

стему своего рода; въ этой солнечной системѣ атомы обращаются, какъ планеты; когда паръ кружится надъ горящимъ веществомъ, тогда возникаютъ и исчезаютъ кольца млечнаго пути во вселенной, которую мы зовемъ нашей комнатой. Тамъ повторяется то, что точно такимъ же образомъ совершается надъ нами на небѣ въ теченіе вѣковъ.

Это все не праздная фантазія. Спектроскопъ учитъ насъ, что существуютъ вполнѣ опредѣленныя однообразно устроенныя системы атомовъ; эти системы состоятъ изъ одного или нѣсколькихъ тѣлъ и обращаются по неизмѣннымъ вѣчнымъ орбитамъ вокругъ центра своей молекулы или же колеблятся. Какъ можно было бы иначе объяснить, что у каждаго вещества есть свое неизмѣнное опредѣленное число колебаній. Мы уже раньше видѣли, что паръ натрія показываетъ въ спектроскопѣ одну, или точнѣе двѣ почти одинаковыя желтыя линіи; онѣ вызываются колебаніями эфира; такихъ колебаній происходитъ въ одну секунду 505 билліоновъ *), а длина каждаго колебанія 589 милліонныхъ долей миллиметра. Эти колебанія должны несомнѣнно происходить въ молекулѣ натрія. Оказывается, что всегда и при всякихъ обстоятельствахъ паръ земного натрія производитъ (или обращаетъ) эту желтую линію, т. е. никогда на самую безконечно малую долю оттѣнка не отклоняется ни къ синему, ни къ красному цвѣтамъ. Отсюда слѣдуетъ, что молекула натрія имѣетъ опредѣленное неизмѣнное строеніе какъ относительно числа своихъ частицъ, такъ и относительно величины и скорости періодическихъ движеній этихъ отдѣльныхъ тѣлъ. Совершенно то же самое наблюдаемъ мы въ нашей большой солнечной системѣ.

Изслѣдуя спектроскопомъ всякое другое тѣло, мы замѣчаемъ то же самое: каждое тѣло испускаетъ опредѣленную смѣсь цвѣтовъ; они никогда не измѣняются и удивительнымъ образомъ никогда не бываютъ тождественны ни для одного намъ знакомаго тѣла, изъ которыхъ состоитъ міръ. Каждая молекула химическаго элемента состоитъ изъ постояннаго числа тѣлъ, обращающихся по неизмѣннымъ орбитамъ и возбуждающихъ опредѣленныя колебанія въ окружающемъ эфирѣ. Число членовъ подобной молекулярной солнечной системы можетъ, конечно, быть весьма различное и должно, очевидно, опредѣляться числомъ выступающихъ въ спектрѣ линій. У большей части веществъ, которыя мы считаемъ пока простыми и неразложимыми элементами, выступаетъ весьма много линій въ спектроскопѣ, такъ что эти молекулярные микрокосмы образуютъ уже весьма сложныя системы міровъ; въ единичныхъ случаяхъ, какъ у желѣза, эти системы должны состоять изъ многихъ тысячъ планетъ—атомовъ, если вѣренъ нашъ взглядъ на это. Конечно, можно сравнить многія изъ линій сложнаго спектра съ верхними тонами, вызываемыми однимъ основнымъ тономъ. Извѣстная правильность въ группировкѣ линій ясно указываетъ на это. Такая простая молекулярная система, какъ у натрія,—рѣдкость; сюда же относятся таллій съ одною только зеленою линіей, индій съ двумя синими и литій съ двумя красными. Водородъ, легкій элементъ, наиболѣе распространенный въ природѣ, кажется крайне простого состава, потому что показываетъ въ спектрѣ только три видимыхъ линіи: одну—въ красномъ и двѣ въ голубомъ или зелено-голубомъ; въ невидимыхъ же частяхъ спектра водородъ имѣетъ еще девять другихъ линій. Нѣкоторыя изъ этихъ системъ линій воспроизведены на приложенной цвѣтной таблицѣ спектровъ.

Такъ какъ каждое вещество имѣетъ свои характерныя спектральныя линіи, то мы можемъ узнать его по нимъ; это возможно даже при самомъ маломъ количествѣ вещества. Такъ, большое число элементовъ было открыто по ихъ спектральнымъ линіямъ; между тѣмъ элементы эти входятъ въ другія тѣла лишь въ самыхъ ничтожныхъ количествахъ, такъ что ихъ

*) Точныя числа помѣщены въ таблицѣ на стр. 77.

никогда не открыли бы обыкновенными методами аналитической химіи. Къ нимъ принадлежатъ, напр., упомянутые выше индій, таллій и пр.

Разстояніе, на которомъ находится изслѣдуемое тѣло, не играетъ тутъ никакой роли; безразлично, находится ли свѣтящійся паръ непосредственно передъ щелью спектроскопа, или на горѣ, на краю горизонта, или на весьма удаленныхъ свѣтилахъ. Если только волнообразныя колебанія свѣта еще доходятъ до насъ, то мы можемъ точно сказать, изъ какихъ веществъ состоитъ свѣтящееся тѣло.

Правда, большинство изслѣдователей думаютъ, что этотъ выводъ можетъ быть сдѣланъ только съ нѣкоторою вѣроятностью, но не съ логическою достовѣрностью многихъ астрономическихъ истинъ. Если, напр., въ солнечномъ свѣтѣ встрѣчается почти тысяча линій земного желѣза, то можно побиться объ закладъ, на много милліоновъ противъ единицы, что на солнцѣ дѣйствительно есть желѣзо, но именно можно только спорить, но не доказать абсолютно, потому что между милліонами возможныхъ случаевъ можетъ наконецъ случиться, что всѣ эти линіи только случайно совпадаютъ съ линіями желѣза, между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ онѣ принадлежатъ одному или нѣсколькимъ совершенно инымъ тѣламъ. Въ цѣляхъ нашей главной задачи, какъ можно яснѣе выставить методы нашей науки, мы приведемъ другое разсужденіе, которое дастъ высказанному нами выше убѣжденію болѣе общую и законную основу. Всѣ наши крѣпко связанныя звенья слѣдствій опираются всетаки на гипотетическое начало. Во многихъ случаяхъ гипотетическимъ является данный законъ природы. Онъ выводится изъ множества фактовъ, т. е. дѣлается предположеніе, объясняющее эти факты. Исходя изъ этого предположенія, мы можемъ далѣе дѣлать логическіе выводы. Чѣмъ больше этихъ чисто логическихъ и теоретическихъ выводовъ подтверждаются впослѣдствіи фактами, тѣмъ больше оправдывается принятый нами законъ природы. Позже мы увидимъ, что также было дѣло и съ закономъ всемірнаго тяготѣнія, который управляетъ всѣми движеніями небесныхъ тѣлъ: милліоны разъ онъ подтверждался на практикѣ, т. е., самими наблюденіями. И законъ тяготѣнія есть и остается простою гипотезой, которая, какъ теперь начинаетъ выясняться, нуждается въ извѣстныхъ случаяхъ въ поправкѣ.

Новѣйшая химія приводитъ все больше и больше фактовъ, что явленія химической реакціи должны слѣдовать тѣмъ же простымъ механическимъ законамъ, какъ и движенія большихъ небесныхъ тѣлъ. Другими словами, при химическомъ соединеніи происходитъ ни что иное, какъ соединеніе двухъ или нѣсколькихъ молекулярныхъ планетныхъ системъ въ одну общую, въ которой атомы вновь группируются по ихъ величинѣ и скорости обращенія, точно слѣдуя механическимъ законамъ. Въ этомъ случаѣ спектроскопъ совсѣмъ не обнаруживаетъ никакого измѣненія въ продолжительности колебаній отдѣльныхъ атомовъ. Линіи, принадлежащія каждому изъ тѣлъ, входящихъ въ химическое соединеніе, всегда являются перемѣшанными между собою въ спектрѣ химическаго соединенія; слѣдовательно, химическое соединеніе ничего не измѣнило во внутреннихъ движеніяхъ.

Если эта предполагаемая зависимость химическихъ явленій отъ началъ чистой механики представляетъ дѣйствительно законъ, хотя еще невполнѣ созрѣвшій, то изъ совпаденія спектральныхъ линій двухъ источниковъ свѣта вытекаетъ съ логическою строгостью и одинаковость ихъ химическихъ свойствъ. Каждая спектральная линія соотвѣтствуетъ безъ сомнѣнія опредѣленной механической реакціи на окружающій эфиръ; отсюда при сдѣланномъ только-что предположеніи вытекаетъ, что и его химическія реакціи, слѣдующія тѣмъ же началамъ, должны быть одинаковы, если два источника свѣта показываютъ одинаковыя линіи. Положимъ, мы спектро-

скопически доказали, что на солнцѣ есть тѣло, показывающее столько такихъ же свѣтовыхъ реакцій, какъ у желѣза, насколько намъ позволяютъ наши методы изслѣдованія. Тогда логически слѣдуетъ, что если бы мы могли достать это тѣло съ солнца и изслѣдовать его въ нашихъ химическихъ лабораторіяхъ, то оно обнаружило бы столько же химическихъ реакцій, сколько и желѣзо, т. е. мы не могли бы его на практикѣ отличить отъ желѣза. Эта аргументація требуетъ только одной общей аксіомы: всѣ спектральныя явленія приводятъ къ логически строгимъ заключеніямъ относительно химической природы данныхъ веществъ, между тѣмъ какъ раньше каждое единичное совпаденіе линій приводило лишь къ вѣроятному заключенію.

Такимъ образомъ простѣйшее изъ всѣхъ орудій изслѣдованія, стеклянная призма, дала намъ средство узнать вещества, изъ которыхъ составлена вселенная до ея крайнихъ глубинъ. Мало того. Спектроскопъ обнаруживаетъ намъ не только ихъ химическій составъ и слѣдовательно ихъ молекулярное устройство, но онъ говоритъ намъ и объ физическомъ состояніи, объ ихъ температурѣ и еще о движеніяхъ небесныхъ свѣтилъ. Это—самый поразительный результатъ новой области изслѣдованія. Какъ осмѣяли бы лѣтъ пятьдесятъ тому назадъ мечтателя, который сталъ бы утверждать, что по простому взгляду на пламя, горящее на очень отдаленной горѣ, можно точно заключить: во-первыхъ что тамъ горитъ, хотя бы тамъ было двадцать и болѣе элементовъ, во-вторыхъ, приближается ли къ намъ пламя или удаляется отъ насъ и насколько километровъ въ секунду. Мы рѣшаемъ эти вопросы теперь, даже если огонь горитъ на отдаленнѣйшемъ солнцѣ неба.

Углубимся дальше въ чудное зданіе этихъ новыхъ выводовъ. Они безконечно изощряютъ нашъ умственный взоръ сравнительно съ телескопами и позволяютъ проникнуть въ тайны молекулярнаго строенія небесныхъ міровъ. Не при всякихъ обстоятельствахъ даетъ намъ спектроскопъ эти указанія о химическомъ составѣ свѣтящихся тѣлъ, какъ мы уже раньше видѣли, когда разсматривали свѣтъ свѣчи чрезъ призму. При этомъ мы получили „сплошной“ спектръ, одинаковый для всѣхъ тѣлъ, которыя свѣтятся въ твердомъ или жидкомъ состояніи, но въ то же время не испаряются. И всѣ твердыя тѣла, которыя сами не свѣтятся, но, какъ луна, свѣтятъ чужимъ отраженнымъ свѣтомъ, ничего не говорятъ намъ на цвѣтномъ языкѣ спектроскопа, ни объ ихъ внутреннихъ химическихъ свойствахъ, ни объ устройствѣ ихъ поверхности. Ихъ свѣтъ показываетъ намъ только свойства первоначальнаго источника—солнца. Эти тѣла, подобно грубымъ зеркаламъ, только отклоняютъ свѣтовыя волны отъ ихъ первоначальнаго пути, но не измѣняютъ ихъ. Исключеніе составляютъ только тѣла, окруженныя атмосферой. Въ случаѣ до бѣла раскаленныхъ тѣлъ мы должны допустить по свидѣтельству спектроскопа, что тутъ молекулярныя системы уже такъ сблизились между собой, что мѣшаютъ другъ другу; всѣ движенія взаимно перепутаны, такъ что, окружающій эфиръ приходитъ во всѣ возможныя колебанія, отъ крайняго краснаго луча до тепловыхъ лучей, всегда исходящихъ отъ такого тѣла. Поэтому вслѣдствіе смѣшенія всѣхъ этихъ волнъ тѣло испускаетъ бѣлый свѣтъ.

При охлажденіи тѣла молекулы болѣе и болѣе сближаются, и скорость ихъ убываетъ вслѣдствіе увеличенія сопротивленія. Самыя быстрыя колебанія, фіолетовыя, прекращаются, потомъ затухаютъ синія и т. д., пока наконецъ остаются одни красныя колебанія; тѣло приняло красный цвѣтъ. Наконецъ прекращаются и эти колебанія, и излучается еще только теплота. Въ теченіе процесса охлажденія спектроскопъ показываетъ одну только сплошную полосу, начинающуюся фіолетовымъ цвѣтомъ и постепенно переходящею въ красный. Не замѣчается никакой разницы у различныхъ веществъ, какъ

и надо заранѣе предполагать по нашимъ основнымъ взглядамъ на явленіе. Стало быть, во всѣхъ этихъ случаяхъ спектроскопъ не въ состояніи оказать намъ особыхъ услугъ. Если же мы знаемъ, что за тѣло свѣтится, то мы могли бы опредѣлить по длинѣ еще не потухшей части спектра, въ какой стадіи между бѣлымъ и краснымъ каленіемъ находится тѣло, т. е., опредѣлить его температуру.

Но такой случай не встрѣчается въ области изслѣдованія неба. Вообще въ природѣ лишь крайне рѣдко встрѣчаются такіе чистые процессы, какіе мы совершаемъ въ физической лабораторіи, принимая всѣ мѣры предосторожности. У каждаго пылающаго тѣла часть его вещества всегда испаряется, т. е., изъ массы его колеблющихся молекулъ часть улетаетъ; ихъ атомы снова пріобрѣтаютъ свою свободную подвижность; слѣдовательно, они сообщаютъ эфиру свойственныя имъ самимъ колебанія, пока ихъ движеніе достаточно сильно, чтобы они вообще могли свѣтить. Если мы не замѣчаемъ такихъ молекулъ у раскаленнаго же желѣзнаго шара, то это по тому, что ихъ вообще очень мало, а эти немногія сейчасъ же улетаютъ по всѣмъ направленіямъ. Иначе бываетъ съ огромными свѣтящимися шарами, которые мы видимъ въ міровомъ пространствѣ. Они удерживаютъ отлетѣвшія молекулы и образуютъ изъ нихъ теплую атмосферу, окружающую ихъ. Эту же атмосферу мы можемъ, какъ это вытекаетъ изъ предыдущаго, очень точно изслѣдовать спектроскопомъ относительно химическаго состава.

Когда мы видимъ только одни газы, тогда выступаютъ тѣ яркія линіи, съ происхожденіемъ и значеніемъ которыхъ мы познакомились уже раньше. Онѣ показываются, напр., у самаго солнечнаго края, гдѣ мы исключительно видимъ солнечную атмосферу, которую удерживаетъ раскаленный шаръ солнца. Иная картина представится намъ, когда мы направимъ спектроскопъ на самое ядро солнца. Мы видимъ тогда сначала сплошной спектръ раскаленной массы. Такъ какъ на этотъ спектръ долженъ лечь спектръ газовой оболочки солнца, то мы должны бы допустить, что всѣ линіи, которыя мы видѣли яркими на солнечномъ краѣ, должны выступить тутъ еще ярче, потому что въ этихъ мѣстахъ суммируются два свѣтовыхъ эффекта. Въ дѣйствительности же происходитъ какъ разъ наоборотъ: какъ только спектроскопъ подвинется отъ края къ срединѣ, яркія линіи внезапно обращаются въ темныя; въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ сплошная цвѣтная полоса рѣзко прерывается—получается спектръ прерывистый (см. спектральную таблицу при стр. 71). Если однако мы представимъ себѣ своеобразныя явленія, происходящія, по нашимъ воззрѣніямъ, въ каждой свѣтящейся молекулѣ, то это кажущееся противорѣчіе, такъ называемое „обращеніе спектра“, разрѣшится въ блестящее подтвержденіе нашихъ взглядовъ на эти внутреннія явленія. Для сравненія мы назвали молекулы малыми солнечными системами, въ которыхъ атомы обращаются вокругъ общаго центра тяжести съ опредѣленными скоростями, которыя измѣряются длиной ихъ волнъ. Эти скорости остаются неизмѣнными для каждаго тѣла одинакового химическаго свойства; величина же пути или размаха колебаній эфира, обусловленныхъ этимъ орбитальнымъ движеніемъ, измѣряется напряженностью испускаемаго свѣта. Напряженность свѣтовыхъ колебаній, испускаемыхъ солнечнымъ ядромъ, безъ сомнѣнія гораздо больше, чѣмъ у солнечной атмосферы, потому что источникъ всѣхъ этихъ излученій—ядро солнца. Для простоты примемъ, что солнечная атмосфера состоитъ изъ газа, дающаго въ спектрѣ только одну линію. Этотъ газовый слой пронизываютъ изъ пылающаго ядра солнца колебанія эфира всякой скорости и напряженности, которыя сами по себѣ даютъ непрерывный спектръ. Эти колебанія, эти удары эфирныхъ атомовъ должны вліять на движеніе газовыхъ атомовъ. Такъ какъ они всѣхъ возможныхъ величинъ, то происходящія возмущенія движенія въ среднемъ уничтожатся; за ударомъ впередъ всегда

слѣдуетъ такой же ударъ назадъ, такъ что въ концѣ концовъ свѣтовыя колебанія, выйдя изъ газовой оболочки и доходя до насъ, не испытаютъ существенной перемѣны.

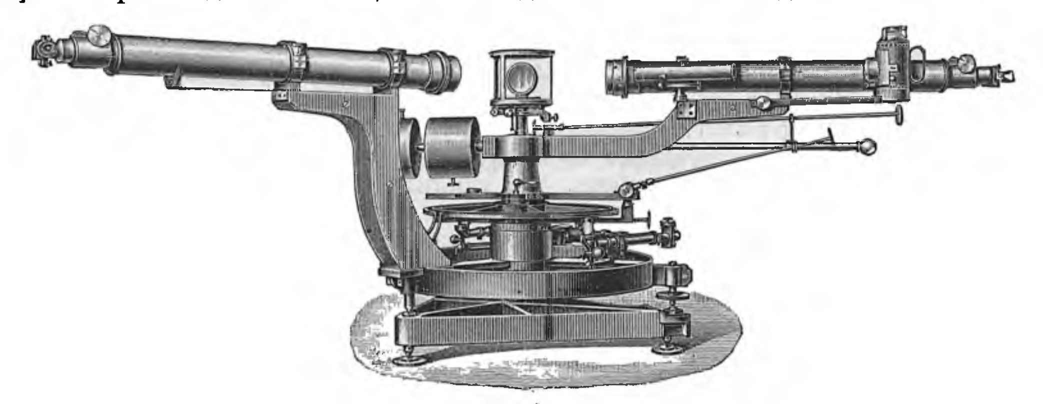
Изъ всѣхъ свѣтовыхъ колебаній, проникающихъ изъ солнечнаго ядра въ газовую оболочку, одно составляетъ исключеніе, а именно то, скорость котораго точно соотвѣтствуетъ скорости атомовъ газа. Въ этомъ случаѣ и атомы свѣтового эфира, и атомы самого газа колеблются въ одинаковомъ ритмѣ, поэтому встрѣчаются всегда въ одинаковыхъ мѣстахъ своего пути, и ихъ дѣйствіе суммируется. Чрезъ этотъ особый родъ свѣтовыхъ колебаній внутреннія движенія газовыхъ молекулъ усиливаются. Для этого эфирные атомы должны произвести работу, ихъ сила потому поглощается и не можетъ обнаружиться для насъ въ формѣ свѣта. Въ соотвѣтственномъ мѣстѣ непрерывнаго солнечнаго спектра должна была бы выступить темная линія, если бы газовыя молекулы сами не испускали колебаній, которыя гораздо слабѣе колебаній солнечнаго ядра и даютъ поэтому „темную линію поглощенія".

Мы должны были подробнѣе заняться внутреннею природой этого процесса обращенія въ виду его фундаментальной важности. Оно вызываетъ такъ называемыя фраунгоферовы линіи въ спектрахъ солнца и неподвижныхъ звѣздъ и встрѣчается во всѣхъ областяхъ природы съ особенною силой при однородныхъ условіяхъ. Мы увидимъ позже, что аналогичныя соотношенія существуютъ между небесными мірами: взаимныя возмущенія ихъ движенія тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ближе къ равенству періоды ихъ оборотовъ. Здѣсь выступаютъ точно такія же условія, какъ въ микрокосмѣ молекулярныхъ планетныхъ системъ. Если въ нашей солнечной системѣ два тѣла имѣли бы почти равные періоды обращенія, то они до тѣхъ поръ вліяли бы другъ на друга, пока періоды оборотовъ не сдѣлались точно равны между собой, и одно тѣло не стало бы двигаться, вокругъ другого, какъ спутникъ. Если же періодъ обращенія одного тѣла представляетъ кратное періода другого тѣла, то большее тѣло возмущаетъ меньшее до тѣхъ поръ, пока это отношеніе не прекратится. Такимъ образомъ произошли линіи дѣленія на кольцахъ Сатурна; онѣ суть линіи поглощенія, вполнѣ сравнимыя по существу съ фраунгоферовыми линіями. Такія отношенія между движеніями мы находимъ и въ царствѣ тоновъ, гдѣ ихъ называютъ общимъ именемъ гармоній. Какъ извѣстно, нетронутая струна начинаетъ звучать, какъ только вблизи ея въ воздухѣ раздается родственный ей тонъ, при томъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ родственнѣе ей тонъ; одинаковый тонъ, значитъ, дѣйствуетъ всего сильнѣе, за нимъ слѣдуютъ окружающія октавы, терціи и кварты и т. д.

Обращеніе спектра было обнаружено, разумѣется, не на однихъ внѣземныхъ тѣлахъ; оно составляетъ одинъ изъ интереснѣйшихъ опытовъ всякаго общедоступнаго чтенія о спектральномъ анализѣ. Опыты показываютъ, что каждая темная линія появляется всегда точно на томъ же самомъ мѣстѣ, гдѣ обыкновенно выступаетъ соотвѣтствующая свѣтлая линія. Иначе и не можетъ быть по нашимъ взглядамъ на предметъ. „Спектры излученія" (т. е. съ яркими линіями) раскаленныхъ газовъ точно совпадаютъ со „спектрами поглощенія". Вотъ какъ Кирхгофъ въ 1859 году высказалъ это основное предложеніе: „Отношеніе между поглощеніемъ и излученіемъ у всѣхъ тѣлъ одинаково для каждаго рода лучей при одной и той же температурѣ". Спектры излученія мы можемъ легко получить во всякое время въ нашихъ лабораторіяхъ и слѣдовательно можемъ со всею точностью опредѣлить взаимное положеніе ихъ линій. Съ другой стороны мы можемъ отожествить темныя линіи, которыхъ положеніе тоже опредѣлено въ спектрѣ свѣтилъ, съ линіями извѣстныхъ веществъ. Такимъ образомъ мы узнаемъ, что данное небесное тѣло окружено газовою оболочкой, срав-

нительно болѣе холодною, чѣмъ раскаленное ядро, и содержащею элементы, линіи которыхъ мы нашли. Для точныхъ измѣреній къ спектроскопу присоединили тонкіе микрометрическіе приборы, посредствомъ которыхъ можно опредѣлить взаимное положеніе линій. Такой инструментъ называется спектрометромъ. Ниже изображенъ спектрометръ Потсдамской обсерваторіи.

Чтобы разобраться въ путаницѣ линій, которыя показываютъ отдѣльные элементы и въ особенности сложныя газовыя смѣси, какъ солнечная атмосфера, обозначили фраунгоферовы линіи большими буквами латинскаго алфавита, причемъ буква A указываетъ первую рѣзкую линію солнечнаго спектра въ красной части. Крайняя линія въ видимой фіолетовой части солнечнаго спектра носитъ обозначеніе H, ультрафіолетовый же спектръ идетъ до буквъ R, S и еще дальше. Съ другой стороны Ланглей и другіе изслѣдователи открыли въ инфракрасной части еще линіи поглощенія, въ которыхъ происходитъ поглощеніе наблюдаемаго теплового дѣйствія. Было бы



Спектрометръ астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ. (Съ фотографіи.)

затруднительно дать и этимъ линіямъ соотвѣтственныя обозначенія; но уже давно предпочли для точныхъ указаній обозначать линіи не буквами, а длинами волнъ недостающихъ тутъ свѣтовыхъ колебаній сплошного спектра. Тогда нельзя сомнѣваться относительно положенія линіи и въ томъ случаѣ, если линія, первоначально считавшаяся простою, какъ линія D натрія, оказалась двойною послѣ тщательнаго изслѣдованія. Приведенная ниже табличка содержитъ длины волнъ и числа колебаній главнѣйшихъ фраунгоферовыхъ линій. Они вычислены въ томъ предположеніи, что скорость свѣта равна 297,900 клм. въ секунду, какъ нашли Фуко и Физо. Недавно Корню нашелъ почти точно 300,000 клм.

Если мы раньше видѣли, что одно и то же вещество даетъ всегда одинъ и тотъ же спектръ, то это все таки не безусловно вѣрно. Наблюдается, что линіи газоваго спектра, обыкновенно совершенно рѣзкія, дѣлаются тѣмъ болѣе размытыми и широкими, чѣмъ большему давленію мы подвергнемъ газъ или чѣмъ толще слой газа, чрезъ который надо лучу пройти. Наконецъ линіи исчезаютъ совсѣмъ и образуютъ вмѣстѣ сплошной спектръ. Причину этого явленія легко отыскать. Вслѣдствіе усиленнаго давленія, отдѣльныя молекулы болѣе и болѣе сближаются между собой, ихъ свободное движеніе затрудняется; то же самое происходитъ отъ увеличенія толщины газоваго слоя; возникающія возмущенія производятъ свѣтовыя колебанія, которыя группируются около нормальныхъ. Наконецъ газъ переходитъ въ оптическомъ отношеніи въ жидкое состояніе, еще не принявъ прочихъ физическихъ свойствъ жидкости; наступаетъ критическое состояніе, въ которомъ несомнѣнно находится внутренность большей части неподвижныхъ звѣздъ.

Таблица фраунгоферовыхъ линій.

Обозначеніе линій	Длина волны въ милліонныхъ доляхъ миллиметра	Число колебаній въ билліонахъ въ секунду	Цвѣтъ линіи	Соотвѣтственный элементъ
A	759,360	392,3	Красный	Кислородъ
B	686,746	433,8	Красный	Кислородъ
C	656,304	453,9	Оранжевый	Водородъ
D_1	589,616	505,2	Желтый	Натрій
D_2	589,019	505,8	Желтый	Натрій
E_1	527,050	565,2	Зеленый	Желѣзо
E_2	526,972	565,3	Зеленый	Желѣзо
F	486,148	612,8	Зелено-голуб.	Водородъ
G	430,803	693,9	Синій	Водородъ
H	396,862	750,6	Фіолетовый	Кальцій
K	393,380	757,3	Ультрафіолет.	Кальцій
U	294,799	1010,5	Ультрафіолет.	Желѣзо

Если при извѣстныхъ обстоятельствахъ спектръ указываетъ намъ степень давленія раскаленной газовой смѣси, то онъ можетъ сказать намъ кое-что и о температурѣ этой смѣси. Спектры нѣкоторыхъ веществъ измѣняются извѣстнымъ образомъ при очень высокихъ температурахъ, такъ, напр., спектръ магнія. По извѣстному измѣненію спектральныхъ линій магнія, Шейнеръ въ Потсдамѣ могъ заключить о нижнемъ предѣлѣ температуры, которою обладаетъ это вещество въ атмосферѣ нашего солнца и нѣкоторыхъ звѣздъ. Объ этомъ будетъ еще рѣчь впереди. Не только эти интересныя вѣсти приноситъ разложенный призмой свѣтъ изъ глубинъ вселенной въ нашъ уединенный и скрытый земной уголокъ: онъ приноситъ намъ вѣсти высокаго интереса и совершенно чуждыя областямъ химіи и физики, затронутымъ выше. Никакимъ другимъ путемъ ихъ нельзя получить, и до средины текущаго столѣтія ихъ считали еще болѣе недоступными, чѣмъ химическій составъ тѣлъ небесныхъ. Мы говоримъ о движеніяхъ свѣтилъ по лучу зрѣнія.

Положимъ, мы замѣтили ночью огни далекаго локомотива на совершенно прямолинейномъ полотнѣ желѣзной дороги. Мы не раньше рѣшимъ, приближается ли къ намъ поѣздъ, или удаляется отъ насъ, или вообще стоитъ на мѣстѣ, пока усиленіе или ослабленіе свѣта не отвѣтитъ намъ на наши вопросы. Какимъ же образомъ мы могли бы считать раньше возможнымъ опредѣленіе движенія звѣздъ, которое направлено прямо къ намъ или отъ насъ и которое несомнѣнно происходитъ въ дѣйствительности? Вѣдь надо вѣками ждать измѣненія ихъ яркости вслѣдствіе этого движенія, потому что ихъ разстоянія отъ насъ неизмѣримо громадны. Казалось, мы никогда ничего не узнаемъ объ истинныхъ движеніяхъ неподвижныхъ звѣздъ, т. е., о законахъ, управляющихъ величайшимъ организмомъ міровыхъ системъ. Изъ перемѣщеній звѣздъ мы можемъ узнать только часть этихъ движеній, которая отражается въ боковомъ перемѣщеніи на небесномъ сводѣ; а это при извѣстныхъ обстоятельствахъ могло, понятно, составлять только самую малую часть собственнаго движенія. Вернемся опять къ нашему примѣру съ локомотивомъ. Если, напр., огни локомотива перемѣщаются справа налѣво, то мы можемъ только сказать, что полотно желѣзной дороги не на прямой линіи отъ насъ, но мы не можемъ сказать (даже если мы и знаемъ навѣрное, что оно прямолинейно), проходитъ ли оно вправо или влѣво отъ насъ. Отклоненіе огня влѣво только

тогда укажетъ намъ, что полотно дороги также проходитъ влѣво отъ насъ, если поѣздъ идетъ намъ на встрѣчу; въ противномъ случаѣ линія желѣзной дороги проходитъ вправо отъ насъ.

Спектроскопъ даетъ намъ возможность не только угадать направленіе, но даже вычислить въ километрахъ скорость, съ какою тѣло приближается къ намъ или удаляется отъ насъ, хотя мы, какъ, напримѣръ, для большинства неподвижныхъ звѣздъ, совершенно не знаемъ, на какомъ разстояніи отъ насъ совершается это движеніе. Наши знанія скрытаго отъ насъ міра свѣтовыхъ колебаній разъяснятъ намъ сказанное.

Мы видѣли, что явленія свѣта объясняются волнообразными движеніями, которыя во всѣхъ отношеніяхъ подобны вольнообразнымъ движеніямъ воды. Посмотримъ, какимъ представляется нашему взору волненіе, когда мы движемся по водной поверхности. Попробуемъ вычислить, сколько волнъ мы пересѣчемъ при своемъ движеніи. Несомнѣнно, мы встрѣтимъ ихъ болѣе, когда плывемъ противъ волнъ, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда остаемся на одномъ мѣстѣ или же плывемъ по направленію волнъ. Если дано отношеніе скорости нашего движенія къ скорости распространенія волнъ, то можно даже точно опредѣлить, въ какомъ отношеніи увеличивается количество волнъ, ударяющихъ въ наше судно. Мы уже знаемъ, что цвѣтовыя ощущенія, испытываемыя нами, зависятъ отъ количества свѣтовыхъ волнъ, ударяющихся въ сѣтчатку нашего глаза. Изъ этого сравненія самъ собою вытекаетъ тотъ выводъ, что тѣло, испускающее свѣтовые лучи опредѣленнаго рода, должно измѣнять свой цвѣтъ, смотря по тому, движемся-ли мы по направленію къ нему, или же оба, и тѣло, и мы находимся въ покоѣ. Именно, когда разстояніе между нами и предметомъ уменьшается, то цвѣта спектра сдвигаются болѣе къ фіолетовому концу, когда же разстояніе увеличивается, то къ красному. Въ первомъ случаѣ до насъ достигаетъ болѣе волнъ, во второмъ менѣе, чѣмъ въ состояніи покоя. А, какъ показываетъ вышеприведенная таблица (стр. 77), увеличеніе числа колебаній соотвѣтствуетъ болѣе высокому положенію цвѣта въ скалѣ цвѣтовъ, т. е. цвѣтъ приближается къ фіолетовому концу.

Чтобы точнѣе опредѣлить въ числахъ всѣ эти отношенія, разсмотримъ сначала простѣйшій случай: положимъ, что мы двигаемся на перерѣзъ волнамъ съ такой же скоростью, какъ сами волны движутся относительно какой нибудь неподвижной точки. Такъ какъ мы встрѣчаемъ каждую волну на половинѣ ея пути, то очевидно, когда мы плывемъ прямо противъ вѣтра мы встрѣтимъ какъ разъ вдвое больше волнъ, чѣмъ сколько въ то же самое время ихъ ударяется о берегъ. Если мы будемъ плыть вдвое скорѣе волнъ, то встрѣтимъ волнъ втрое больше, при тройной скорости вчетверо больше и т. д.

Слѣдовательно вообще можно установить такое положеніе: количество встрѣчаемыхъ нами волнъ будетъ возростать, какъ отношеніе соотвѣтственныхъ скоростей, увеличенное на единицу. Если, напр., скорости относятся, какъ 2:3, то мы встрѣтимъ въ $1^2/_3$ раза больше того количества волнъ, которое за то же время достигнетъ до берега. Переводя эти отношенія на математическій языкъ, мы получимъ слѣдующую простую формулу: $s_2 = s_1 (1 + \frac{g}{v})$, гдѣ s_2 обозначаетъ количество волнъ, которыя мы встрѣчаемъ, s_1 — количество волнъ ударяющихся о берегъ въ ту же единицу времени (секунду), g — скорость нашего судна и наконецъ v — скорость волнъ относительно неподвижной точки. Положимъ, что въ секунду достигаютъ берега двѣ волны, причемъ каждый разъ онѣ подвигаются на 5 м., мы же проплываемъ противъ волнъ 3 м. въ секунду, слѣдовательно мы встрѣтимъ $1^3/_5 \times 2 = 3^1/_5$ волны или 16 волнъ въ 5 секундъ, въ этотъ послѣдній промежутокъ до берега достигнетъ только 10 волнъ.

Не трудно измѣнить задачу въ обратномъ смыслѣ; наблюдая, сколько волнъ мы пересѣкаемъ въ секунду, вычислить отсюда или скорость нашего судна или скорость волнъ, если намъ извѣстно то или другое изъ этихъ данныхъ. Положимъ, что намъ извѣстна скорость движенія волнъ (какъ, напримѣръ, извѣстна скорость свѣтовыхъ волнъ), тогда мы можемъ найдти скорость судна по формулѣ: $g = v\ (\frac{s_2}{s_1} - 1)$, которая выведена изъ предыдущей простымъ алгебраическимъ разсчетомъ. Возьмемъ такой случай: абсолютная скорость волнъ пусть будетъ таже, что выше, т. е. 2 м., но въ берегъ ударяется 6 волнъ въ секунду, и положимъ, мы нашли, что встрѣчаемъ въ секунду 21 волну. Для того, чтобы найти скорость нашего судна, мы должны раздѣлить 21 на 6, отъ частнаго отнять 1, полученное число помножить на 2 (скорость движенія волнъ); мы узнаемъ въ результатѣ, что наше судно дѣлаетъ 5 м. въ секунду.

Также легко измѣрить наше движеніе относительно звѣздъ, или, что въ принципѣ тоже самое, движеніе звѣзды по направленію къ намъ. Мы знаемъ скорость свѣтовыхъ волнъ, которая, какъ мы нашли раньше, для всѣхъ цвѣтовъ одинакова (ок. 300,000 км. въ секунду); далѣе, мы умѣемъ опредѣлить количество волнъ, получаемыхъ нами въ одну секунду отъ опредѣленнаго окрашеннаго источника свѣта, находящагося въ покоѣ. Остается только опредѣлить измѣненіе количества колебаній въ томъ случаѣ, когда разстояніе между источникомъ свѣта и наблюдателемъ измѣняется.

О сдвиганіи скалы цвѣтовъ мы можемъ судить по неподвижнымъ точкамъ, представляемымъ намъ фраунгоферовыми линіями. Непрерывная цвѣтная полоса сама по себѣ не измѣняется вслѣдствіе этого сдвиганія: если сдвигается ея первоначально красная часть къ фіолетовой, то красный цвѣтъ тотчасъ же замѣнится невидимыми прежде инфракрасными лучами, которые, благодаря движенію источника свѣта или наблюдателя, пріобрѣли достаточную длину волнъ, чтобы вызвать на нашей сѣтчаткѣ впечатлѣніе краснаго цвѣта. За то послѣдніе видимые фіолетовые лучи на другомъ концѣ спектра обращаются въ невидимые ультрафіолетовые. Видъ, протяженіе спектра не измѣняются сами по себѣ. Но находящіяся въ спектрѣ темныя или свѣтлыя линіи сдвигаются относительно ихъ первоначальнаго положенія, такъ какъ это положеніе зависитъ только отъ бо́льшаго или меньшаго числа колебаній. Движущееся пламя натрія дастъ линію D на иномъ мѣстѣ, чѣмъ неподвижное; точно также на иномъ мѣстѣ должна появиться и линія поглощенія. Положимъ, что отъ какой нибудь неподвижной звѣзды мы получили въ спектроскопѣ спектръ съ линіей D; помѣстивъ передъ инструментомъ неподвижно пламя натрія, мы получимъ второй спектръ натрія; если окажется, что обѣ эти линіи натрія не совпадаютъ, то мы заключаемъ, что звѣзда движется. И если мы измѣримъ разницу въ длинѣ волнъ обѣихъ линій, то по данной выше формулѣ можемъ вычислить, на сколько километровъ въ одну секунду увеличивается или уменьшается разстояніе этой звѣзды отъ насъ, хотя самое разстояніе для насъ остается совершенно неизвѣстнымъ.

Въ настоящее время полосу спектра можно расширить до такихъ размѣровъ, о какихъ ранѣе и не мечтали, т.-е. можно „разсѣять“ свѣтъ очень сильно. Это производится при помощи такъ называемой Роуландовской рѣшетки—вогнутаго зеркала, поверхность котораго покрыта микроскопически тонкими линіями, лежащими плотно другъ къ другу. Микроскопическія поверхности, остающіяся между проведенными линіями, производятъ явленія интерференціи, которыя даютъ тѣ же результаты какъ и описанныя раньше стекляныя призмы, только въ болѣе сильной степени. Съ подобной рѣшеткой Толлонъ на Ницской обсерваторіи сфотографировалъ солнечный

спектръ съ тысячами линій. До середины зеленаго цвѣта (до сихъ поръ гигантская работа доведена только до фраунгоферовой линіи E) спектръ этотъ достигаетъ уже длины въ $10^1/_2$ м. На спектрѣ Толлона въ области линіи D, разницѣ въ длинѣ волны на одинъ микронъ (милліонная часть метра) соотвѣтствуетъ сдвигъ линій на 50 мм. Такъ какъ десятую часть миллиметра можно еще хорошо видѣть простымъ глазомъ, то на этомъ громадномъ спектрѣ можно различить разницу въ длинѣ волнъ на пятисотую часть микрона. Изъ нашей послѣдней формулы легко вычислить, что подобная разница въ длинѣ волнъ соотвѣтствуетъ перемѣщенію почти ровно въ 1 км. Для вычисленія намъ незачѣмъ непремѣнно обращаться къ числу колебаній, которое до сихъ поръ мы исключительно принимали въ разсчетъ. Какъ мы уже видѣли, это число стоитъ въ обратномъ отношеніи къ длинѣ волнъ, поэтому мы можемъ ввести въ нашу формулу вмѣсто числа колебаній длину волнъ, стоитъ только взять дробь, обратную $\frac{s^1}{s_2}$ и замѣнить ее дробью $\frac{w^1}{w_2}$, гдѣ w_1 и w_2—соотвѣтственныя длины волнъ.

Итакъ, движеніе со скоростью 1 км. въ секунду мы можемъ различить спектроскопическимъ методомъ (его называютъ по предложенію Корню принципомъ Допплера-Физо). По земнымъ масштабамъ это громадная скорость, какой невозможно сообщить источнику свѣта вспомогательными средствами, имѣющимися въ распоряженіи человѣка. Поэтому на землѣ мы пока не можемъ опытнымъ путемъ убѣдиться въ справедливости нашихъ выводовъ, хотя возможно разсчитывать, что и въ этомъ отношеніи неутомимая пытливость изслѣдователей дастъ когда нибудь положительные результаты. Попытки въ этомъ направленіи уже дѣлаются*). Напротивъ того для мірового тѣла скорость въ 1 км. въ секунду есть сравнительно очень малая скорость. На основаніи соображеній, которыя мы разсмотримъ позже, мы знаемъ вполнѣ точно подобныя движенія въ нашей солнечной системѣ: поэтому они могутъ дать прекрасный случай для провѣрки нашихъ выводовъ. Такъ, наша земля движется по своему пути вокругъ солнца со скоростью не менѣе 30 км. въ секунду. Слѣдовательно всѣ свѣтовыя волны, которыя приходятъ съ той стороны мірового пространства, куда движется наша земля, должны укорачиваться на соотвѣтственную величину. Такъ какъ земной путь есть почти кругъ, то движеніе земли черезъ каждые полгода имѣетъ обратное направленіе. Если сначала мы приближались къ извѣстнымъ звѣздамъ на 30 км., то затѣмъ мы будемъ удаляться отъ нихъ на то же разстояніе. Слѣдовательно, по нашимъ вышеприведеннымъ разсчетамъ, линіи на скалѣ Толлона въ теченіе полугода должны сдвигаться на очень значительное разстояніе, именно на 6 мм., что дѣйствительно и замѣчается.

Еще болѣе поразительное доказательство даетъ намъ солнце. Изъ наблюденія надъ его пятнами выведено, что оно, подобно нашей землѣ, вращается вокругъ своей оси, при чемъ каждая точка солнечнаго экватора въ секунду дѣлаетъ около 2 км. Около одного края солнца это движеніе направлено къ намъ, около другого—отъ насъ. Если мы направимъ спектроскопъ на каждый изъ этихъ краевъ и помѣстимъ оба полученные спектра рядомъ, то фраунгоферовы линіи окажутся, конечно, сдвинутыми относительно другъ друга на 0,4 мм. по скалѣ Толлона, если примѣнить принятую до сихъ поръ разсѣивательную силу. Въ данномъ случаѣ смѣщеніе очень бросается въ глаза; но оно тотчасъ же исчезаетъ, если повернуть инструментъ

---

*) Въ одномъ изъ засѣданій Русскаго Астрономическаго Общества Астрофизикъ Пулковской обсерваторіи А. А. Бѣлопольскій сообщилъ проектъ прибора, представляющаго возможность искусственно произвести столь значительныя скорости, называемыя космическими, съ цѣлью опытнаго доказательства справедливости принципа Доплеръ-Физо.

С. Глазенапъ.

на 90°, чтобы спектроскопы были обращены къ полюсамъ солнца, которые остаются неподвижными. Этотъ превосходный опытъ былъ впервые выполненъ Фогелемъ въ Потсдамѣ.

Не входя въ разсмотрѣніе подробностей, упомянемъ только, что для данной спеціальной задачи, т. е. для измѣренія движенія небесныхъ тѣлъ по лучу зрѣнія, были введены въ спектроскопъ особенныя видоизмѣненія. Такъ Цельнеръ построилъ свой знаменитый „Обращенный спектроскопъ" (Reversionsspektroskop) изъ двухъ системъ призмъ, изъ которыхъ одна преломляетъ цвѣта въ обратномъ направленіи по отношенію къ другой. Получаются два спектра, одинъ надъ другимъ, причемъ красный конецъ одного спектра приходится надъ фіолетовымъ другого. Смѣщеніе линій происходитъ въ нихъ въ противоположныхъ направленіяхъ, вслѣдствіе чего дѣйствіе удваивается. Понятно, что для изслѣдованія не имѣютъ значенія самые цвѣта спектра, а важны только линіи, видимыя въ немъ. Поэтому, на помощь спектроскопіи можно также привлечь фотографію, которая кромѣ того даетъ еще бо́льшую часть невидимаго спектра, появляющуюся только на фотографической пластинкѣ. Въ области спектрографіи особенно заявили себя Фогель и Шейнеръ въ Потсдамѣ и г. Бѣлопольскій въ Пулковѣ; объ ихъ прекрасныхъ изслѣдованіяхъ мы часто будемъ упоминать при спеціальномъ изложеніи небесныхъ явленій. На стр. 82 мы даемъ рисунокъ потсдамскаго спектрографа, съ которымъ были получены цитируемые результаты.

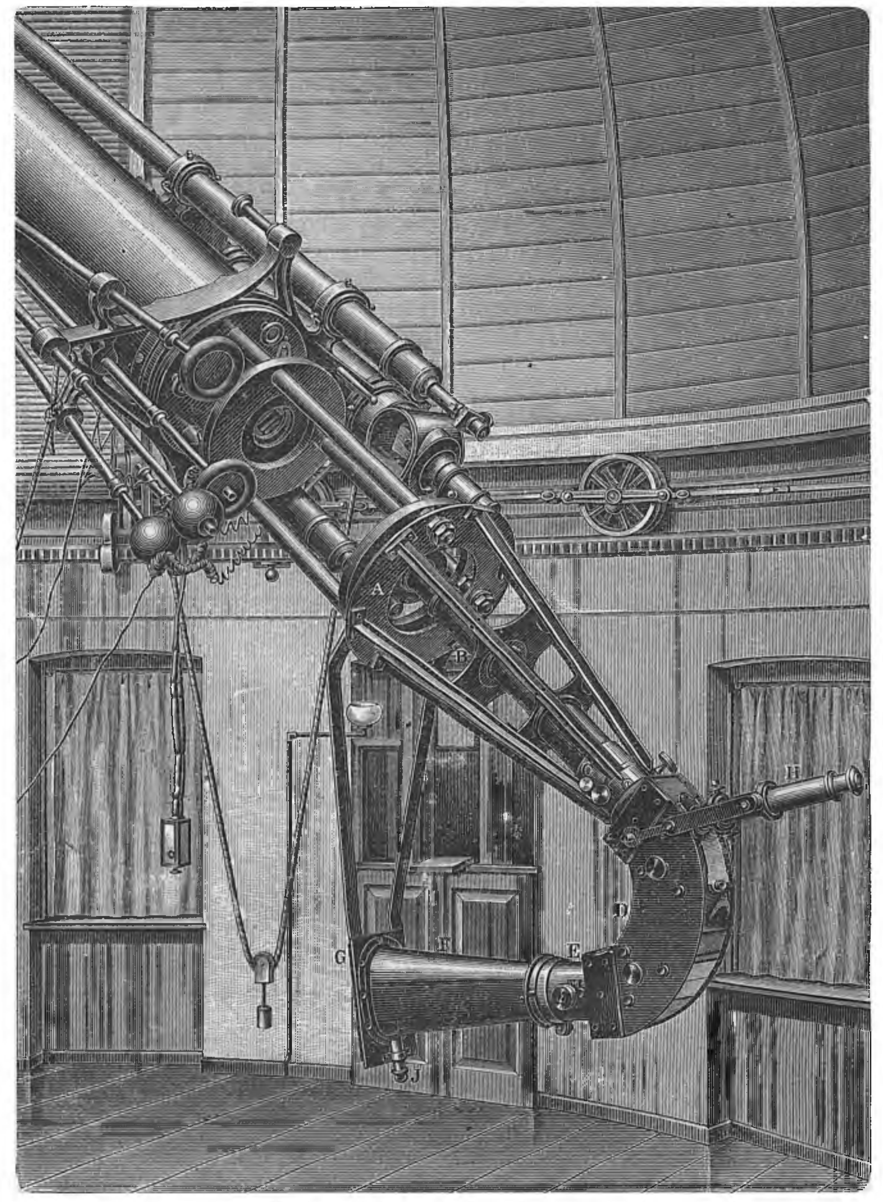
О плодотворномъ примѣненіи принципа Допплера къ изслѣдованію міра неподвижныхъ звѣздъ во всевозможныхъ направленіяхъ, о наиболѣе интересныхъ данныхъ, какія внесло это изслѣдованіе въ астрономію невидимаго, намъ также придется далѣе говорить неоднократно. Мы не станемъ разсматривать здѣсь отношеній спектроскопіи къ различнымъ другимъ методамъ изслѣдованія, а только еще разъ вкратцѣ резюмируемъ, что можетъ сказать намъ анализъ свѣта о тѣлахъ, отъ которыхъ этотъ свѣтъ исходитъ.

Если полоса цвѣтовъ является непрерывной, т. е. если спектръ является непрерывно сплошнымъ, то это указываетъ, что тѣло раскалено до бѣла и находится въ твердомъ или жидкомъ состояніи. Въ рѣдкихъ случаяхъ это можетъ быть также необыкновенно плотно сжатый газъ. О химическомъ составѣ тѣла при этихъ условіяхъ ничего нельзя узнать. Если получается спектръ, состоящій изъ отдѣльныхъ яркихъ линій—спектръ испусканія, то мы имѣемъ дѣло съ раскаленной газовой массой, химическій характеръ которой узнается по числу и положенію линій. Неотчетливость, т. е. постепенный переходъ этихъ линій одной въ другую указываетъ на то, что эта масса газа находится подъ высокимъ давленіемъ. Въ отдѣльныхъ случаяхъ внѣшній видъ нѣкоторыхъ линій позволяетъ судить о температурѣ тѣла. Сплошной спектръ, только въ нѣкоторыхъ мѣстахъ пересѣченный темными линіями или болѣе широкими темными полосами, т. е. такъ называемый спектръ поглощенія, указываетъ на то, что свѣтъ какого либо тѣла, испускающаго лучи всякаго рода, прежде чѣмъ достигнуть до насъ, проходитъ черезъ массы газа, менѣе нагрѣтыя, чѣмъ свѣтящееся тѣло, или даже совершенно холодныя, какъ наша атмосфера. Химическій составъ этихъ газовъ опредѣляется по темнымъ фраунгоферовымъ линіямъ.

Если тѣло даетъ извѣстныя намъ системы линій, но сдвинутыя относительно ихъ нормальнаго положенія, это значитъ, что разстояніе свѣтящагося тѣла отъ насъ мѣняется. Число километровъ, на которое уменьшается или увеличивается это разстояніе въ опредѣленную единицу времени, можно прямо вывести изъ величины смѣщенія линій.

Теперь, когда мы пріобрѣли всѣ эти разнообразныя знанія о свойствахъ свѣта, этого единственнаго посредника между нами и мірами, находящи-

мися внѣ нашего узкаго круга, мы попытаемся, вооружившись телескопомъ, фотографическимъ аппаратомъ, спектроскопомъ и нѣкоторыми другими ин-



Спектрографъ Астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ.

струментами, прочесть тѣ извѣстія, которыя приносятся къ намъ изъ вселенной колебаніями эфира.

I. Описаніе небесныхъ свѣтилъ.

Общій обзоръ.

Обиліе свѣта, окружающее насъ днемъ, исключительно исходитъ отъ солнца, этого могучаго источника свѣта, который такъ наполняетъ лучами земную атмосферу, что свѣтъ другихъ небесныхъ свѣтилъ въ немъ совершенно исчезаетъ. Куда бы мы днемъ ни направили спектроскопъ, на ясное или на облачное небо, или на какую нибудь бѣлую поверхность, на которую падаютъ прямые солнечные лучи или лучи разсѣяннаго дневнаго свѣта, всегда появляются однѣ и тѣ же фраунгоферовы линіи, тотъ же спектръ, который даетъ само солнце. Всѣ волны свѣта, которыя носятся вокругъ насъ днемъ, свидѣтельствуютъ, что онѣ исходятъ изъ великаго источника всѣхъ движеній, всѣхъ измѣненій, совершающихся вокругъ насъ.

Только когда дневное свѣтило склоняется къ горизонту и лучи его въ надвигающихся сумеркахъ развертываютъ передъ нами всю скалу цвѣтовъ призматическаго спектра отъ яснаго голубого цвѣта, который даетъ дневное небо, до великолѣпнаго краснаго цвѣта уходящаго дня, тогда одно за другимъ появляются, мерцая, небесныя свѣтила и повѣствуютъ о другихъ окружающихъ насъ далекихъ мірахъ. Прежде всего мы видимъ свѣтлую луну съ ея измѣняющейся формой. Ея видъ, какъ и видъ солнца, прямо показываетъ намъ, что въ нихъ мы имѣемъ дѣло со свѣтилами, занимающими среди другихъ звѣздъ особенное мѣсто по крайней мѣрѣ для насъ. Затѣмъ по мѣрѣ возростанія темноты становятся ярче лучи нѣкоторыхъ блестящихъ точекъ, отъ которыхъ исходитъ особенный спокойный свѣтъ. Рѣдко бываетъ видно больше двухъ такихъ звѣздъ на небесномъ сводѣ. Ихъ назвали **планетами**, „блуждающими звѣздами"; ибо отъ остальныхъ звѣздъ онѣ отличаются собственнымъ движеніемъ. Другія звѣзды сохраняютъ неизмѣннымъ взаимное положеніе, по скольку объ этомъ можетъ судить внимательный наблюдатель неба, слѣдящій за ними въ теченіе ряда лѣтъ. Эти неподвижныя звѣзды по мѣрѣ того, какъ наступаетъ ночь, появляются изъ темной глубины небеснаго пространства все въ большемъ и большемъ количествѣ.

Какъ поразительно дѣйствуетъ на воображеніе видъ неба, усѣяннаго звѣздами, можно судить по тому, что съ глубокой древности желаніе счесть звѣзды почиталось невыполнимымъ, а между тѣмъ простымъ глазомъ мы можемъ различить всего нѣсколько тысячъ звѣздъ. Наконецъ, когда луна, слѣдуя за дневнымъ свѣтиломъ, также скрывается подъ горизонтомъ и когда въ тихую ночь самыя дальнія глубины небеснаго купола начинаютъ посылать намъ свой свѣтъ, тогда мы видимъ мерцаніе **млечнаго пути**, таинственнаго пояса, который служитъ для насъ предѣломъ вселенной. Этимъ и исчерпывается все, что мы обыкновенно можемъ видѣть на небѣ. Изъ столь немногихъ элементовъ составляется та величайшая симфонія, которая наиболѣе сильно дѣйствуетъ на наши чувства, — симфонія, творцомъ которой является великая природа.

Изрѣдка это обычное ночное зрѣлище нарушается необыкновенными явленіями. Такъ въ ненарушимый порядокъ созвѣздій случайно врываются падающія звѣзды, которыя издавна уже считались непринадлежащими къ области этихъ свѣтилъ. Хотя современное воззрѣніе и приписываетъ имъ происхожденіе именно изъ этихъ областей, за то мысль о процессѣ ихъ образованія, который такъ рѣзко разрушаетъ нашу идею о вѣчномъ и неизмѣнномъ, всецѣло подсказана намъ нашей узкой сферой, гдѣ каждая секунда рождаетъ и уничтожаетъ милліоны существъ. Точно также лишь мимолетно являются метеоры, которые по временамъ проносятся черезъ атмосферу съ громовымъ трескомъ и посылаютъ на земную поверхность раскаленные камни, иногда даже громадные обломки. Болѣе рѣзкую дисгармонію вноситъ появленіе большой кометы, которая иногда въ нѣсколько дней разростается до такой величины, что превосходитъ размѣрами другія небесныя тѣла и покрываетъ своимъ хвостомъ половину небеснаго свода. Внезапное ихъ появленіе, непостоянное, какъ будто неправильное, блужданіе среди вѣчныхъ свѣтилъ, таинственное исчезновеніе послѣ яркаго появленія, — все это, конечно, должно было устрашать людей, когда природа этихъ эфемерныхъ небесныхъ созданій была еще неизвѣстна.

Еще болѣе ужаса должны были испытывать люди при видѣ того, какъ то или другое изъ нашихъ большихъ свѣтилъ внезапно затмевались, хотя эти явленія и продолжались недолго. Подобные случаи глубоко колебали убѣжденіе въ вѣчности и неприкосновенности небесныхъ свѣтилъ. Присоединимъ къ названнымъ преходящимъ явленіямъ еще внезапное вспыхиваніе новой звѣзды, которое нарушаетъ первоначальную картину какого либо созвѣздія и представляетъ одно изъ наиболѣе рѣдкихъ явленій на небесномъ сводѣ — и мы исчерпаемъ всѣ виды явленій, какія могла представить для невооруженнаго глаза великая вселенная въ теченіе цѣлыхъ тысячелѣтій, съ того времени какъ родъ человѣческій направляетъ къ небу свои испытующіе и исполненные надежды взоры.

Однако и самые сильные астрономическіе инструменты, позволяющіе различить на небесныхъ тѣлахъ неисчерпаемое обиліе интересныхъ подробностей, съ трудомъ могли отыскать новые виды явленій. Телескопъ и спектроскопъ подтвердили прежде всего, что луна и планеты занимаютъ особенное положеніе среди остальныхъ свѣтилъ, что онѣ суть сами по себѣ темныя тѣла, которыя очень несовершенно отражаютъсвѣтъ, полученный отъ солнца. Кромѣ того, въ телескопъ онѣ кажутся увеличенными, чего не бываетъ съ неподвижными звѣздами. Отсюда мы можемъ заключить, что планеты находятся къ намъ значительно ближе тѣхъ свѣтилъ, которыя подобно солнцу, обладаютъ собственнымъ свѣтомъ, и которыя наполняютъ міровое пространство до столь отдаленныхъ глубинъ, что сильнѣйшіе телескопы не могутъ увеличить ихъ видимыхъ размѣровъ, хотя бы до величины одной зрительной палочки нашей сѣтчатки. Луна и планеты даютъ въ телескопъ большее или меньшее количество подробностей, которыя становятся доступны ближайшему изученію. Нѣкоторыя изъ этихъ планетъ, какъ оказывается, окружены лунами; Сатурнъ позволяетъ видѣть его таинственное кольцо.

Солнце, несомнѣнно, находится къ намъ ближе неподвижныхъ звѣздъ, и на его поверхности мы различаемъ большое количество подробностей; однако всѣ свойства его свѣта обнаруживаютъ въ немъ такъ много родственнаго съ неподвижными звѣздами, что мы волей-неволей должны отнести это всесильное для насъ дневное свѣтило къ одной категоріи съ милліонами тѣхъ свѣтлыхъ небесныхъ точекъ, которыя вооруженный глазъ видитъ всюду, къ какой бы части небеснаго свода онъ ни обратился. Эти общія свойства суть—собственный свѣтъ солнца и неподвижныхъ звѣздъ, ихъ раскаленное состояніе и атмосфера раскаленныхъ газовъ, которой, какъ

свидѣтельствуетъ спектроскопъ, окружены всѣ эти тѣла. Но въ мірѣ неподвижныхъ звѣздъ мы встрѣчаемъ большое разнообразіе. Если туманный покровъ Млечнаго пути въ телескопъ разлагается на милліоны отдѣльныхъ звѣздъ, за то можно найти тысячи другихъ туманностей различныхъ видовъ; нѣкоторыя изъ нихъ, какъ свидѣтельствуетъ спектроскопъ, должны разложиться на отдѣльныя звѣзды, когда на нихъ направятъ телескопы, болѣе сильные, чѣмъ тѣ, какіе находятся въ нашемъ распоряженіи въ настоящее время; эти туманности даютъ тотъ же самый спектръ поглощенія, что и отдѣльныя звѣзды; ихъ называютъ звѣздными кучами. Другія туманныя пятна даютъ спектръ излученія, состоящій изъ нѣсколькихъ яркихъ линій; они представляютъ міровыя тѣла совершенно иного характера, именно смѣсь раскаленныхъ газовъ безъ твердаго или жидкаго ядра. Проникнувъ съ телескопомъ глубже въ міръ неподвижныхъ звѣздъ, мы узнаемъ, что тамъ также существуютъ спутники, какъ у нашихъ планетъ; только спутниками неподвижныхъ звѣздъ являются тоже самосвѣтящіяся неподвижныя звѣзды; мы говоримъ о двойныхъ звѣздахъ. Наконецъ мы встрѣтимъ тамъ такъ называемыя перемѣнныя звѣзды, которыя, однако, не составляютъ новой категоріи, такъ какъ, смотря по различнымъ причинамъ измѣнчивости ихъ блеска, онѣ или родственны съ новыми звѣздами, или представляютъ то же явленіе, какъ и солнечное затменіе, извѣстное намъ въ нашей планетной системѣ.

Мы перечислили всѣ классы извѣстныхъ намъ небесныхъ тѣлъ. Остается рѣшить, въ какомъ порядкѣ ихъ изслѣдовать и изучать. Лучше всего начать съ ближайшихъ къ намъ небесныхъ тѣлъ, т. е. луны и планетъ. Онѣ помогутъ намъ сдѣлать первый трудный шагъ съ твердой земли въ небесное пространство. За этими постоянными небесными тѣлами будутъ затѣмъ слѣдовать преходящія явленія: падающія звѣзды, метеоры и кометы; послѣдніе введутъ насъ въ концѣ концовъ въ далекій міръ неподвижныхъ звѣздъ. Но съ важнѣйшимъ для насъ представителемъ класса неподвижныхъ звѣздъ, съ солнцемъ, мы познакомимся раньше.

При этомъ распредѣленіи матерьяла мы ограничимся пока вѣроятнымъ предположеніемъ, что принятыя нами относительныя разстоянія свѣтилъ отвѣчаютъ дѣйствительности. Только во второй части этой книги, посвященной движеніямъ свѣтилъ и другимъ задачамъ измѣрительной астрономіи, будутъ изложены точные методы, которые привели къ опредѣленію этихъ разстояній.

A. Міръ солнца.

1. Луна.

Съ луною мы сжились вполнѣ. Ея спокойное сіяніе обливаетъ земные предметы кроткимъ блѣднымъ свѣтомъ, который послѣ слишкомъ яркаго дневнаго свѣта дѣлаетъ и глаза, и душу воспріимчивыми къ мягкимъ и нѣжнымъ ощущеніямъ, притупляющимся подъ вліяніемъ трезваго солнечнаго свѣта. На ликъ луны мы можемъ смотрѣть прямо; она дружески улыбается намъ, какъ молчаливый товарищъ. Луна участвуетъ въ нашей земной жизни, какъ часть насъ самихъ.

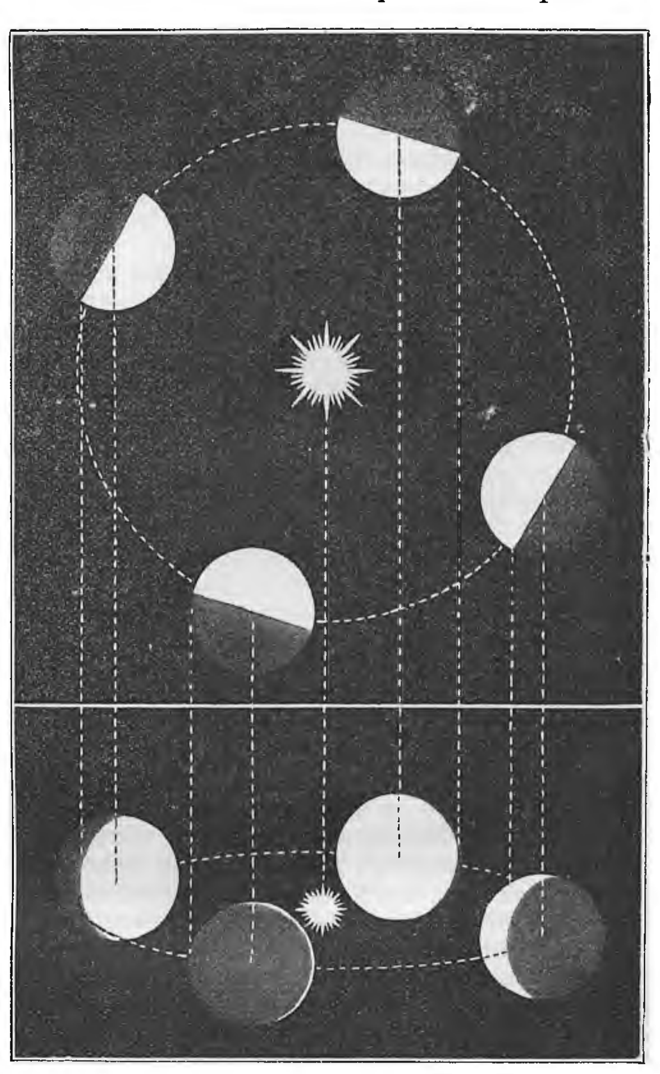
Не смотря на это, уже давно стало общимъ убѣжденіемъ, что луна удалена отъ насъ на большое разстояніе и находится внѣ нашей атмосферы, внѣ области, доступной человѣку. Объ этомъ непосредственно говорило само

небо: ибо луна всегда находится за облаками и никогда не бываетъ передъ ними. Для насъ пока достаточно знать, что это свѣтило удалено отъ земли приблизительно на 50,000 миль или 385,000 км., это разстояніе въ 9 или 10 разъ больше окружности земли. Есть мореплаватели, совершившіе въ свою жизнь болѣе длинный путь. Большіе почтовые пароходы совершаютъ въ одинъ годъ путь въ 12—14 разъ превышающій это разстояніе между землей и луной. Человѣкъ давно бы уже проложилъ путь на луну, если бы ему не служилъ непреодолимымъ препятствіемъ недостатокъ воздуха въ высшихъ областяхъ нашей атмосферы.

Первымъ бросающимся въ глаза явленіемъ, по которому мы можемъ судить о природѣ луны, служитъ правильное измѣненіе ея свѣта. Только сравнительно короткое время мы видимъ ее въ формѣ цѣлаго диска, въ полнолуніе. Въ это время луна находится всегда какъ разъ противъ солнца; полная луна никогда не бываетъ видима вмѣстѣ съ солнцемъ; впрочемъ, благодаря преломленію лучей въ нашей атмосферѣ, случается видѣть оба свѣтила одновременно на самомъ краѣ горизонта. Черезъ нѣсколько дней послѣ полнолунія мы замѣчаемъ, что одна сторона луннаго диска дѣлается менѣе выпуклой, такъ что кривизна одной половины соотвѣтствуетъ большему кругу, чѣмъ кривизна другой; послѣдняя всегда обращена къ солнцу. Мы замѣчаемъ вмѣстѣ съ тѣмъ, что луна подвигается дальше по небесному своду и при этомъ приближается къ солнцу. Въ это время она бываетъ видима одновременно съ солнцемъ, именно въ утренніе часы. Чѣмъ болѣе она приближается къ солнцу, тѣмъ болѣе выпрямляется тотъ контуръ луннаго диска, который находится дальше отъ солнца; наконецъ онъ обращается въ прямую линію, когда луна находится отъ солнца на дуговое разстояніе въ 90°; тогда напр., при восходѣ солнца она стоитъ на югѣ.—Это послѣдняя четверть. Съ этого момента пограничная линія, между свѣтлой частью луны и темной, такъ называемый терминаторъ, все болѣе изгибается внутрь, пока луна не обратится въ узкій серпъ, который наконецъ совершенно исчезаетъ въ лучахъ солнца, такъ какъ за это время луна все продолжала приближаться къ солнцу: наступило новолуніе. Спустя нѣсколько дней серпъ появляется снова вскорѣ послѣ заката солнца, но на этотъ разъ по другую сторону отъ солнца и изогнутый въ обратномъ направленіи, это прибывающая луна. Терминаторъ снова начинаетъ выпрямляться, пока не наступитъ первая четверть; самое высокое положеніе луна занимаетъ теперь при закатѣ солнца; мало по малу луна выростаетъ до полной луны. Такъ повторяется смѣна лунныхъ фазъ въ теченіи синодическаго мѣсяца, который, считая отъ одного возвращенія луны къ солнцу до другого, продолжается 29 дней 12 часовъ 44 минуты 2,9 секундъ. Попытки возможно точнаго опредѣленія этой величины дѣлались уже тысячи лѣтъ тому назадъ, ради религіозныхъ обычаевъ, стоявшихъ въ связи съ лунными фазами. И дѣйствительно, эта величина уже съ давнихъ поръ была хорошо опредѣлена. Знакомое намъ положеніе луннаго серпа надъ горизонтомъ наблюдается только въ сѣверномъ полушаріи. Подъ экваторомъ первая четверть имѣетъ видъ плывущей на горизонтѣ лодки (см. рисунокъ во второй части), въ южномъ полушаріи освѣщенный край первой четверти лежитъ вправо отъ терминатора, и луна имѣетъ такой видъ, какъ у насъ въ послѣднюю четверть; соотвѣтственно этому измѣняется положеніе и другой фазы. Къ объясненію этихъ различныхъ положеній мы возвратимся во второй части нашей книги.

Странно, что не смотря на живой интересъ, который всегда возбуждала луна, только очень поздно, чуть ли не первымъ Леонардо да Винчи, было замѣчено, что это свѣтило при измѣненіи своего свѣта не исчезаетъ совершенно, т. е. не пожирается кѣмъ-то, какъ это говорится въ сагахъ почти всѣхъ полуцивилизованныхъ или дикихъ народовъ, но что въ новолуніе рядомъ съ ярко освѣщеннымъ узкимъ серпомъ можно видѣть весь остальной

дискъ, освѣщенный матовымъ пепельнымъ свѣтомъ. (Объ этомъ явленіи дальше мы еще будемъ говорить подробнѣе.) Это обстоятельство опредѣляетъ весь процессъ измѣненія фазъ, какъ различное освѣщеніе темнаго тѣла. Мы можемъ вызвать всѣ соотвѣтствующія явленія въ ихъ естественномъ порядкѣ, если будемъ перемѣщать вокругъ себя бѣлый шаръ, освѣщенный нѣсколько удаленнымъ источникомъ свѣта, какъ это изображено на прилагаемомъ рисункѣ. Здѣсь точно также часть шара, не освѣщенная непосредственно, остается видимой, благодаря разсѣянному свѣту комнаты. Темныя же части луны видны, благодаря отраженному свѣту отъ земли, освѣщенной солнцемъ. Этотъ свѣтъ достигаетъ до луны и тускло освѣщаетъ ея темную поверхность. Итакъ, не смотря на то, что луна убѣдительнѣе, чѣмъ другія небесныя тѣла, представляется плоскимъ дискомъ, плотно прилегающимъ къ небесному своду, мы должны ее считать свободно движущимся шаромъ, который, будучи самъ по себѣ темнымъ, получаетъ свой свѣтъ подобно нашей землѣ отъ солнца.



Причина фазъ па лунѣ.

Какъ уже упомянуто, это вполнѣ подтверждается спектроскопомъ; лунный свѣтъ даетъ какъ разъ такую же систему линій, какъ и дневной свѣтъ, отраженный отъ листа бѣлой бумаги. Шейнеръ въ Потсдамѣ фотографировалъ лунный спектръ и нашелъ въ немъ около 300 линій, вполнѣ согласующихся съ соотвѣтственными линіями солнечнаго спектра. Никакое другое небесное тѣло не даетъ столь полнаго совпаденія; даже въ спектрахъ планетъ, какъ мы увидимъ позднѣе, или появляются новыя линіи или прежнія оказываются болѣе расширенными. Отсюда мы должны заключить, что солнечный свѣтъ, отразившись отъ поверхности этихъ тѣлъ, прошелъ черезъ поглощающіе слои газовъ, именно черезъ атмосферы этихъ тѣлъ.

Итакъ, спектроскопъ свидѣтельствуетъ о томъ важномъ фактѣ, что луна не окружена подобно землѣ воздушной оболочкой. Само собой разумѣется, вліяніе нашей земной атмосферы мы не принимаемъ въ разсчетъ. Отсутствіе воздуха на лунѣ уже раньше признавалось вѣроятнымъ на

основаніи наблюденій иного рода. Наиболѣе рѣзкимъ тому доказательствомъ является отчетливо дискообразный видъ луны; это возможно лишь при условіи, что отъ краевъ луны къ намъ доходитъ столько же лучей, какъ и отъ середины, чего конечно не могло бы быть, еслибы солнечные лучи должны были сначала пройти черезъ слои воздуха, какъ на землѣ. Свѣтъ, идущій съ горизонта къ нашему глазу, гораздо слабѣе свѣта, падающаго съ зенита, такъ какъ въ первомъ случаѣ лучамъ приходится проходить болѣе длинный путь. Поэтому яркость луннаго диска въ полнолуніе была бы слабѣе на томъ краю, для котораго солнце находится на горизонтѣ, и луна имѣла бы ясно видъ шара, еслибы была окружена какой либо оболочкой, поглощающей свѣтъ. Легко сдѣлать убѣдительный опытъ въ этомъ отношеніи надъ любымъ шаромъ, если окружить его какимъ либо слоемъ, поглощающимъ свѣтъ, напр., оболочкой изъ темной легкой прозрачной матеріи; края шара будутъ казаться тогда отѣненными гораздо сильнѣе, чѣмъ безъ оболочки.

Другое доказательство отсутствія атмосферы на лунѣ мы находимъ въ извѣстномъ уже намъ свойствѣ свѣта, отклоняться отъ прямого пути при прохожденіи черезъ средины различной плотности. Мы знаемъ, что на этомъ свойствѣ основаны дѣйствія телескопа и спектроскопа. Вступая въ атмосферу небеснаго тѣла, свѣтъ долженъ преломиться; на землѣ это можно доказать съ полною очевидностью: всѣ свѣтовые лучи, доходящіе до насъ изъ міроваго пространства, описываютъ въ нашей атмосферѣ замѣтную дугу; вслѣдствіе этой „атмосферной рефракціи“ мы видимъ небесныя свѣтила совсѣмъ не на томъ мѣстѣ небеснаго свода, гдѣ увидѣли бы ихъ, если бы могли подняться надъ атмосферой (которая во многихъ отношеніяхъ мѣшаетъ нашимъ наблюденіямъ). Солнце для нашихъ глазъ восходитъ нѣсколькими минутами раньше и заходитъ на столько же позднѣе, потому что воздухъ заставляетъ его лучи нѣсколько изгибаться надъ землею: тогда какъ солнце въ дѣйствительности уже зашло, для насъ его нижній край только что касается горизонта, т. е. мы еще видимъ весь его дискъ. Подобныя явленія мы могли бы замѣтить и на лунѣ. Луна часто проходитъ мимо звѣздъ, свѣтъ которыхъ, прежде чѣмъ скрыться отъ насъ за ея тѣломъ, долженъ былъ бы пройти около края луны очень длинный путь черезъ ея атмосферу. При этомъ, во-первыхъ, свѣтъ звѣзды долженъ ослабѣвать, во-вторыхъ, исчезновеніе звѣзды должно замедляться, а вторичное появленіе наоборотъ — ускоряться, какъ мы наблюдаемъ это у насъ на землѣ надъ солнцемъ и надъ всѣми звѣздами. Ничего подобнаго на лунѣ не происходитъ, какъ показали точнѣйшія измѣренія.

Всѣ эти наблюденія еще не доказываютъ полнаго отсутствія на лунѣ воздуха или какой нибудь другой газовой оболочки; но во всякомъ случаѣ мы можемъ утверждать, что количество атмосферы на лунѣ столь незначительно, что ускользаетъ отъ нашего наблюденія. Англійскій изслѣдователь луны Нейсонъ полагаетъ, что на лунѣ возможна атмосфера, оказывающая давленіе въ триста разъ меньше земной атмосферы; болѣе плотная атмосфера была бы замѣтна. В. Пикерингу въ Ареквипской обсерваторіи удалось прямо наблюдать преломленіе лучей у краевъ луны, когда она 12 августа 1892 года покрыла Юпитеръ. Дискъ Юпитера казался при этомъ сплюснутымъ на одну дуговую секунду, что по мнѣнію названнаго астронсма соотвѣтствуетъ атмосферѣ въ $^1/_{4000}$—$^1/_{8000}$ нашей атмосферы.

Какъ уже сказано, свѣтъ отражается отъ луны такъ же, какъ отъ листа бѣлой бумаги. Но это относится только къ спектроскопическимъ явленіямъ. Луна отражаетъ гораздо меньше свѣта, чѣмъ должна бы отражать, если бы состояла изъ совершенно бѣлой массы. Извѣстно, что вполнѣ бѣлые предметы и даже зеркала все-таки поглощаютъ свѣтъ. По точнымъ измѣреніямъ Цёльнера отъ луны доходитъ до насъ свѣта въ 619,000 разъ

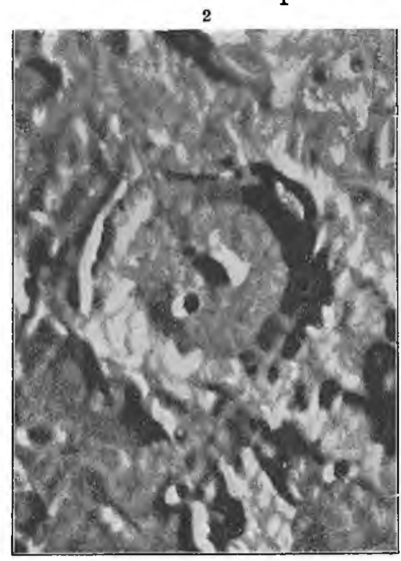
меньше чѣмъ, отъ солнца, это значитъ, что на извѣстную поверхность земли, луна посылаетъ эфирныхъ колебаній въ 619,000 разъ менѣе, чѣмъ солнце. Слѣдовательно, фотографуческую пластинку надо держать въ 619,000 разъ долѣе, чтобы она передала луну съ такой же отчетливостью какъ солнце. Цёльнеръ опредѣлилъ затѣмъ, что вещество, составляющее лунную поверхность, должно имѣть приблизительно окраску нашего глинистаго мергеля, чтобы отраженные ею лучи могли дать указанную степень освѣщенія (послѣдняя зовется луннымъ альбедо).

Телескопъ, расчленяя разсмотрѣнныя нами до сихъ поръ общія свѣтовыя впечатлѣнія на отдѣльныя части, уже при первомъ взглядѣ показываетъ, что поверхность луны не является равномѣрной, но что на ней въ безпорядкѣ перемѣшаны темныя и свѣтлыя части. Мы ясно различаемъ большія округленныя темныя области, окруженныя свѣтлыми. Первыя названы

1



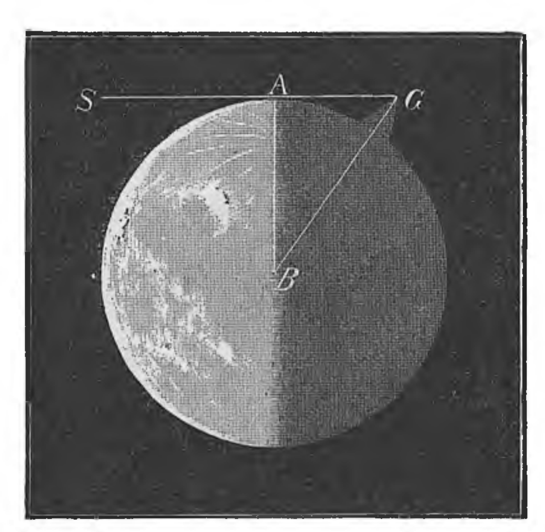
2



Лунный кратеръ Арзахель: 1) 15 августа 1888; 2) 27 августа 1888. Рисовано по 10-кратному увеличенію оригинальнаго негатива Ликской обсерваторіи Л. Вейнекомъ въ Прагѣ.

были лунными морями, и первое время послѣ ихъ открытія, сдѣланнаго Галилеемъ въ 1610 году, — когда онъ вообще въ первый разъ направилъ на небо телескопъ, — ихъ считали настоящими морями, окруженными берегами изъ свѣтлаго камня. Хотя позднѣе это мнѣніе было оставлено, однако прежнее названіе морей удержалось. На прилагаемой лунной картѣ Лормана эти моря указаны вмѣстѣ съ ихъ названіями. На ней они занимаютъ главнымъ образомъ нижнія части луннаго диска; въ дѣйствительности, это верхняя часть луны; но въ нашей книгѣ всѣ чертежи вполнѣ соотвѣтствуютъ тѣмъ изображеніямъ, какія получаются въ астрономическомъ телескопѣ, т. е. обратнымъ. Далѣе мы будемъ называть верхнюю часть всѣхъ небесныхъ тѣлъ южной, нижнюю сѣверной. Итакъ, сѣверная половина луны богаче морями чѣмъ южная, послѣдняя имѣетъ болѣе яркій блескъ, чѣмъ сѣверная. Самая большая изъ темныхъ областей называется Моремъ Дождей (Mare Imbrium). На лунной поверхности оно занимаетъ пространство, больше Австро-Венгріи. Въ виду такихъ размѣровъ понятно сравненіе съ нашими морями. Если же принять въ соображеніе, что вся поверхность луны въ $13^1/_2$ разъ меньше поверхности земли, то окажется, что названное море по отношенію ко всей лунной поверхности, занимаетъ такое же пространство, какъ у насъ, напр., Средиземное море.

Для нахожденія этихъ чиселъ, которыя мы приводимъ здѣсь для большей наглядности, нужно знать только приведенное выше разстояніе луны. Это понятно изъ простой геометрической зависимости, что всѣ предметы уменьшаются для нашего глаза совершенно точно въ такомъ отношеніи, въ какомъ увеличивается разстояніе, отдѣляющее насъ отъ этихъ предметовъ. Поэтому мы можемъ опредѣлить величину луны слѣдующимъ образомъ: будемъ держать кружекъ опредѣленнаго поперечника на такомъ разстояніи отъ нашего глаза, чтобы онъ какъ разъ закрылъ луну. Во сколько разъ разстояніе луны отъ насъ больше разстоянія этого кружка, во столько же разъ и величина луны больше величины кружка. Опредѣленіе величины луннаго поперечника въ принципѣ и было произведено тождественно съ изложеннымъ способомъ, но только гораздо точнѣе. Найденная величина равна ок. 3500 км.; это значитъ, что лунный поперечникъ немного болѣе четверти земного поперечника. Свѣтлыя и темныя области лунной поверхности не мѣняютъ своего взаимнаго положенія; слѣдовательно, это постоянныя образованія на поверхности луны. Но страннымъ образомъ всѣ они, вмѣстѣ взятыя, очень мало измѣняютъ положеніе относительно края видимаго луннаго диска. Луна всегда обращена къ намъ одной и той же стороной, такъ что мы видимъ только приблизительно одну половину всей поверхности луннаго шара, другой же стороны, обращенной отъ насъ въ міровое пространство, мы никогда не видѣли. Въ дѣйствительности, однако, луна не сохраняетъ вполнѣ своего положенія относительно линіи, соединяющей центры луны и земли, но нѣсколько колеблется около нѣкотораго средняго положенія. Это колебаніе называютъ **либраціей луны**. Благодаря ему мы можемъ видѣть въ общей сложности около $^4/_7$ всей поверхности луны.

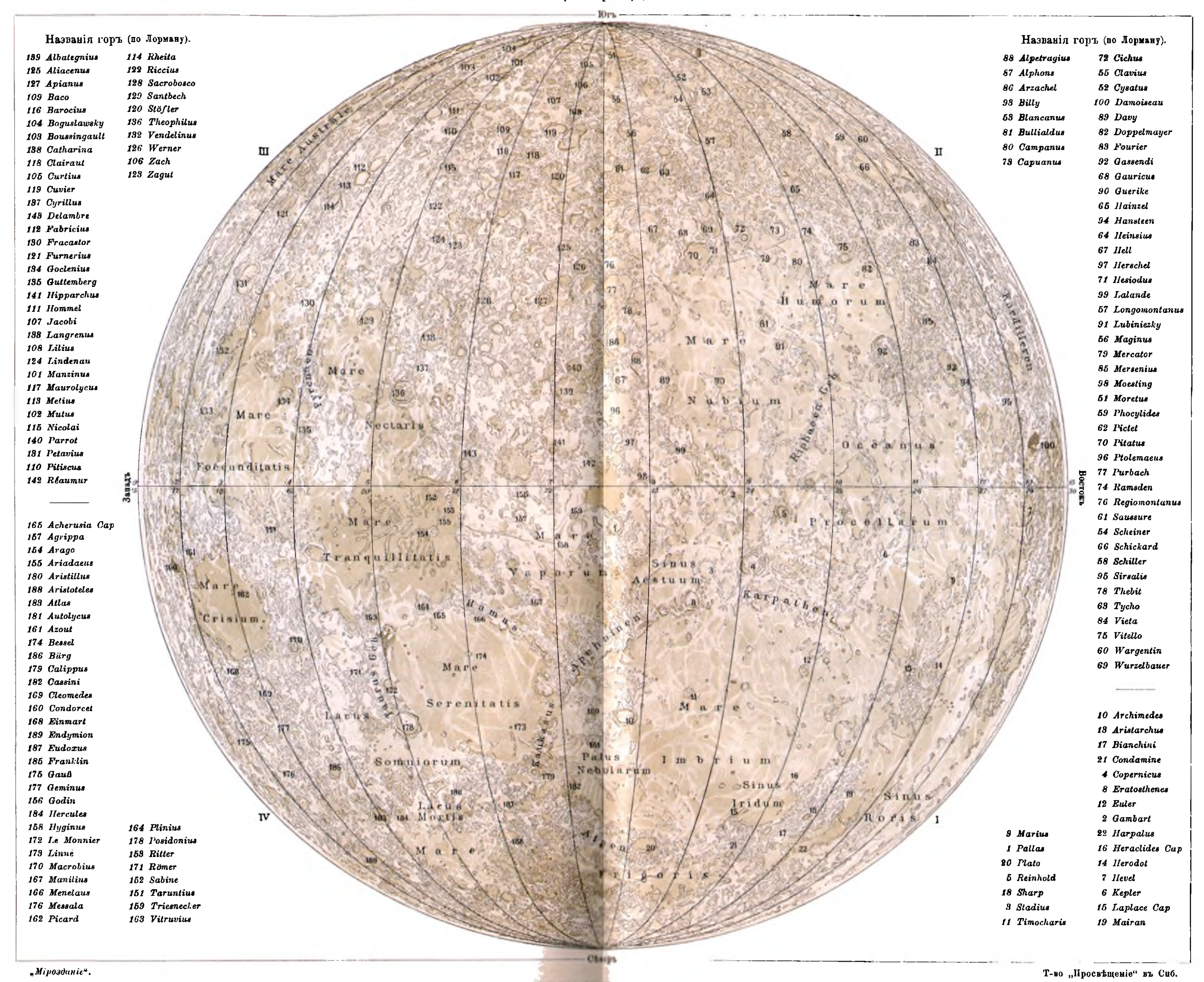


Опредѣленіе высоты лунной горы.

Наряду съ неизмѣнными темными пятнами морей, на лунѣ можно различать еще другія темныя мѣста, которыя измѣняются вмѣстѣ съ лунными фазами и при полнолуніи исчезаютъ совершенно. Уже при первомъ взглядѣ на эти пятна не трудно догадаться, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ тѣнями, которыя отбрасываются неровностями лунной поверхности. Наша догадка обращается въ полную увѣренность, если мы станемъ слѣдить за измѣненіями тѣней въ различные **возрасты луны**: такъ называютъ промежутокъ времени, отдѣляющій каждую фазу отъ новолунія. Для наглядности мы прилагаемъ на стр. 89 изображеніе одной и той же области луны въ различные возрасты. Изъ нихъ можно видѣть, какъ сильно мѣняется видъ луны при различномъ освѣщеніи, а по небольшимъ измѣненіямъ формы, можно судить о вліяніи либраціи. Одно правило остается для тѣней неизмѣннымъ: онѣ всегда падаютъ къ тому краю, который измѣняется при смѣнѣ фазы, т. е. къ линіи терминатора, и никогда не бываютъ направлены къ другому краю, остающемуся при смѣнѣ фазъ частью луннаго круга. Припомнимъ, что этотъ послѣдній край постоянно обращенъ къ солнцу; зная, что эти тѣни появляются отъ солнца, мы поймемъ, что онѣ падаютъ къ той сторонѣ, съ которой лунная поверхность начинаетъ окутываться ночнымъ мракомъ, а это происходитъ, очевидно, за линіей терминатора.

КАРТА ЛУННЫХЪ ГОРЪ.

(По *Лорману*.)

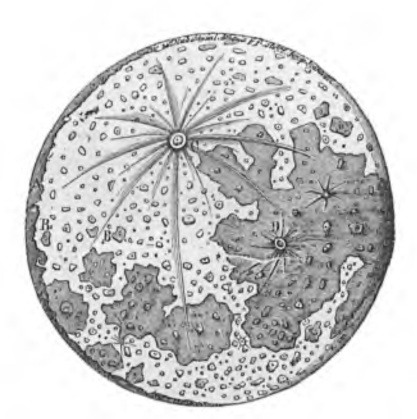


„*Мірозданіе*".

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Послѣдній представляетъ на лунѣ границу между днемъ и ночью и означаетъ то мѣсто, гдѣ солнце для луны или восходитъ, или заходитъ, смотря по тому, убываетъ ли луна, или прибываетъ (для насъ). Если эти тѣни, дѣйствительно, образуются отъ постоянныхъ возвышенностей на лунной поверхности, то онѣ должны, подобно тѣнямъ земныхъ горъ, укорачиваться отъ утра къ полудню и удлиняться къ вечеру, что мы и наблюдаемъ на самомъ дѣлѣ. Если мы теперь по длинѣ тѣни будемъ вычислять высоту горы, то понятно, не смотря на различную величину тѣни въ различное время дня, мы должны получать однѣ и тѣ же данныя, что также вполнѣ подтверждается.

Такія измѣренія высотъ горъ на лунѣ можно производить съ земли съ большой точностью; въ большинствѣ случаевъ, для этого нѣтъ надобности знать отношенія и разстоянія между солнцемъ, землею и луною, по крайней мѣрѣ, когда мы выражаемъ высоту лунныхъ горъ въ частяхъ луннаго поперечника. Это возможно проще всего въ томъ случаѣ, когда возвышенность находится на вполнѣ освѣщенномъ краѣ луны, гдѣ такія возвышенности мы очень часто видимъ въ телескопъ. Въ этомъ случаѣ намъ нужно только измѣрить на фотографіи какимъ нибудь масштабомъ, напр., въ миллиметрахъ, какъ эту возвышенность, такъ и поперечникъ изображенія луны и одно число раздѣлить на другое. Также легко произвести подобное опредѣленіе другимъ способомъ, которымъ пользовался уже Галилей для измѣренія высоты лунныхъ горъ: именно, когда во время первой или послѣдней четверти за терминаторомъ выступаютъ яркія точки, какъ, напр., это можно видѣть въ лунной области, которая изображена на таблицѣ, приложенной къ стр. 95. Эти свѣтлыя точки, очевидно, вершины горъ, освѣщенныя солнечными лучами при восходѣ или закатѣ солнца. Если измѣрить разстояніе свѣтлой точки отъ свѣтовой границы, которую можно наблюдать въ сосѣднихъ долинахъ, то, какъ можно видѣть изъ рис. на стр. 90, этимъ опредѣляется одна сторона прямоугольнаго треугольника; другую сторону его будетъ представлять поперечникъ луны, который прямо опредѣляется въ тѣхъ же мѣрахъ на лунномъ изображеніи, а третью сторону тотъ же поперечникъ плюсъ искомая высота горы. По теоремѣ Пифагора мы имѣемъ $(r+h)^2=r^2+a^2$, гдѣ r—радіусъ луны (AB на нашемъ рисункѣ), h—искомая высота горы, a—разстояніе AG. Положимъ, мы нашли на фотографическомъ изображеніи луны съ поперечникомъ въ 200 мм., что свѣтлая точка вершины горы удалена отъ свѣтовой границы на 10 мм., т. е. на ясно различаемую и вполнѣ измѣримую величину, тогда по нашей формулѣ мы найдемъ, что гора имѣла бы видимую величину въ $^1/_2$ мм., если бы она находилась на краю фотографическаго изображенія. Это составляетъ какъ разъ четырехсотую часть всего луннаго поперечника. Подставивъ данную выше числовую величину луннаго поперечника, найдемъ, что наблюдаемая гора имѣетъ ок. 8750 м. высоты. Положимъ, что измѣреніе разстоянія свѣтлой точки отъ терминатора можно произвести съ точностью до $^1/_2$ мм., тогда, повторяя разсчетъ съ величиною въ 10,5 мм., найдемъ, что при этомъ очень грубомъ способѣ измѣренія метровой линейкой на фотографіи, мы можемъ опредѣлить высоту лунной горы съ точностью до 1000 м. Позднѣе мы узнаемъ, что ошибка, которая при данныхъ условіяхъ равняется


Лунная карта Фонтана 1630 года. Изъ соч. Фонтана: Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, Неаполь 1649.

толщинѣ волоса, при астрономическихъ измѣреніяхъ считается за грубую ошибку, и что при измѣреніи лунныхъ горъ можно поручиться за точность въ одну сотую (т. е. 1% измѣряемой величины). Поэтому—съ нѣкоторымъ ограниченіемъ, о которомъ скажемъ нѣсколько ниже,—мы можемъ утверждать, что знаемъ высоту лунныхъ горъ часто съ точностью до 10 м., т. е. почти съ такой же точностью, съ какой измѣрены горныя высоты на землѣ,



Карта луны Гевелія 1645 года. По Селенографіи Гевелія, Данцигъ 1647.

и даже многія изъ земныхъ горъ измѣрены далеко не такъ точно благодаря тому, что онѣ или трудно доступны, или лежатъ въ мало изслѣдованныхъ странахъ.

Понятно, описанный способъ измѣренія не единственный; мы можемъ опредѣлить высоту горъ на лунѣ также, какъ это дѣлаемъ у насъ, именно измѣряя длину горной тѣни во всякое время дня (т. е. не только, когда солнце для данной области восходитъ или заходитъ), если мы знаемъ высоту солнца надъ горизонтомъ во время измѣренія. Опредѣленіе же этого угла для любого мѣста на лунѣ, или даже на другой планетѣ нашей системы, представляетъ не болѣе трудностей, чѣмъ подобное же опредѣленіе для нашей земли.

Однако большимъ неудобствомъ для измѣренія горъ на лунѣ является одно обстоятельство, которое на землѣ намъ не встрѣчается, это

отсутствіе уровня, къ которому можно бы было относить измѣренія. На землѣ мы считаемъ высоту горъ отъ уровня моря; на лунѣ мы вынуждены ограничиватся опредѣленіемъ высоты надъ сосѣднимъ пунктомъ, именно надъ тѣмъ, на который въ данное время падаетъ конецъ измѣряемой тѣни. При сравненіи лунныхъ горъ съ земными, нужно всегда принимать во вниманіе это обстоятельство; несомнѣнно, мы получили бы иныя высоты, если бы стали измѣрять высоту Монблана отъ долины Шамуни, или вершину Тенерифа отъ дна моря, гдѣ начинается его подножіе.

Оказалось, что высочайшая лунная гора имѣетъ почти такую же высоту, какъ самая большая вершина на земной поверхности, именно 8850 м. Для земли это составляетъ 720-ю часть ея радіуса, а для луны 220-ю. Если принять въ разсчетъ величины луны и земли, то окажется, что лунныя горы много выше земныхъ.



Видъ луны въ полнолуніе. Изъ Селенографіи Гевелія, 1647.

Вскорѣ послѣ открытія телескопа была сдѣлана топографическая карта луны, чтобы можно было сравнить этотъ міръ съ нашимъ. Первая полная карта луны была издана въ 1647 году Данцигскимъ ратманомъ Гевеліусомъ если не считать представленнаго на стр. 91 рисунка Фонтана, относящагося къ 1630 г.; впрочемъ, послѣдній и не считался топографической картой луны. „Селенографія“ Гевеліуса была для своего времени необыкновеннымъ явленіемъ, и въ полномъ смыслѣ слова научно-художественнымъ произведеніемъ. Гравюры на мѣди для нея были изготовлены самимъ авторомъ, который былъ въ то же время чрезвычайно искуснымъ мастеромъ: онѣ даютъ изображенія луны на каждый день ея роста; затѣмъ изъ нихъ было составлено идеальное изображеніе полной луны. Рисунки на стр. 92 и 93 представляютъ копіи этихъ изображеній. Мы находимъ на нихъ наименованія морей и горъ, сохранившіяся отчасти и теперь.

Съ усовершенствованіемъ телескопа должно было, конечно, идти одновременно и усовершенствованіе лунныхъ картъ; за два предыдущія столѣтія надъ разработкой лунной карты трудились Кассини и Лагиръ (Lahire) въ Парижѣ, Тобіасъ Майеръ въ Геттингенѣ и Шретеръ въ Лиліенталѣ, въ настоящемъ столѣтіи Бееръ и Медлеръ въ Берлинѣ, Лорманъ въ Дрезденѣ (см. уменьшенное изображеніе карты Лормана), англичане Насмитъ и Нейсонъ, и въ особенности Юлій Шмидтъ въ Афинахъ. Послѣдній составилъ самую большую изъ всѣхъ существующихъ картъ луны; она представляетъ результатъ почти сорокалѣтней неустанной работы автора.

Карта Шмидта имѣетъ не менѣе 2 м. въ поперечникѣ и передаетъ такъ много деталей лунной поверхности, какъ едва ли даютъ лучшіе атласы для нашей земли. Эта монументальная „карта лунныхъ горъ“ была издана въ 1878 году на средства прусскаго министерства народнаго просвѣщенія.

Тѣмъ временемъ съ рисунками мало-по-малу вступила въ соперничество фотографія, хотя, — какъ выше мы уже видѣли, — при полученіи лунныхъ снимковъ она встрѣтила особенныя трудности. Примѣру Дрэпера, который въ 1840 году фиксировалъ первое фотографическое изображеніе луны, послѣдовали многіе другіе, изъ которыхъ нужно назвать: американцевъ Бонда и Рутерфорда, затѣмъ въ послѣднее время Принца въ Брюсселѣ, Пиккеринга въ Кэмбриджѣ (Сѣв. Америка), Хейль въ Чикаго и въ особенности астрономовъ Ликской обсерваторіи, и наконецъ братьевъ Анри въ Парижѣ, а также Леви и Пюизе тамъ-же.

Въ послѣднее время между рисункомъ и фотографіей возникло своеобразное сотрудничество. Пражскій изслѣдователь луны Вейнекъ, который уже раньше былъ извѣстенъ своими въ высшей степени тщательными и искусными изображеніями отдѣльныхъ лунныхъ областей, началъ увеличивать лунныя фотографіи, полученныя на Ликской обсерваторіи, и достигъ въ этомъ удивительно прекрасныхъ и цѣнныхъ результатовъ. Однако, при этой работѣ, не смотря на большую осторожность, нельзя все таки избѣжать неточностей, которыя вносятся личностью рисовальщика при истолкованіи мельчайшихъ подробностей. Поэтому въ послѣднее время обратились къ увеличеніямъ помощью фотографіи, которыя оказались вполнѣ удачными при современной техникѣ. Такимъ образомъ Принцъ въ Брюсселѣ, баронъ Ротшильдъ въ Вѣнѣ и Вейнекъ въ Прагѣ увеличили отдѣльныя части лунныхъ фотографій, полученныхъ на Ликской обсерваторіи. и когда нибудь эти увеличенныя фотографіи будутъ, можетъ быть, соединены въ одинъ фотографическій атласъ луны исполинскихъ размѣровъ.

Но какъ ни поразительны эти фотографіи на первый взглядъ, однако при болѣе близкомъ изслѣдованіи оказывается, что онѣ показываютъ далеко не такъ много деталей, какъ можно непосредственно видѣть даже въ телескопы средней величины. Можно принять, что лучшія фотографіи передаютъ самое большое столько же деталей, сколько видитъ глазъ въ телескопъ съ отверстіемъ въ 6 дм. Сравненіе, произведенное Принцемъ, показало далѣе, что успѣхи лунной фотографіи въ дѣлѣ выясненія мелкихъ деталей, далеко не такъ велики, какъ до сихъ поръ склонны были думать. Самыя мельчайшія детали на фотографіи Рутерфорда соотвѣтствуютъ луннымъ объектамъ въ 3000 м., а на новѣйшихъ парижскихъ фотографіяхъ, которыя превосходятъ фотографіи Ликской обсерваторіи, объектамъ въ 2250 м.

Причина малыхъ успѣховъ въ этомъ направленіи лежитъ въ грубой зернистости нашихъ чувствительныхъ фотографическихъ пластинокъ. Зерно этихъ пластинокъ равно около 0,1 мм.; на современныхъ лунныхъ фотографіяхъ, зерно такой величины должно бы было соотвѣтствовать топографическимъ деталямъ въ 200 м., т. е. имѣющимъ впятеро меньшую величину, чѣмъ это получается на самомъ дѣлѣ. Значительное ухудшеніе происходитъ отъ неспокойствія изображенія вслѣдствіе движенія воздуха, отъ неточностей въ перемѣщеніи телескопа и отъ другихъ источниковъ ошибокъ, о которыхъ мы говорили въ главѣ о фотографіи. Благодаря зернистости пластинки, увеличеніемъ фотографическихъ изображеній достигается немногое для выясненія деталей, если не говорить о громадномъ сбереженіи времени. Поэтому очень важно получать по возможности большое оригинальное изображеніе уже въ фокусѣ телескопа. Изображеніе,

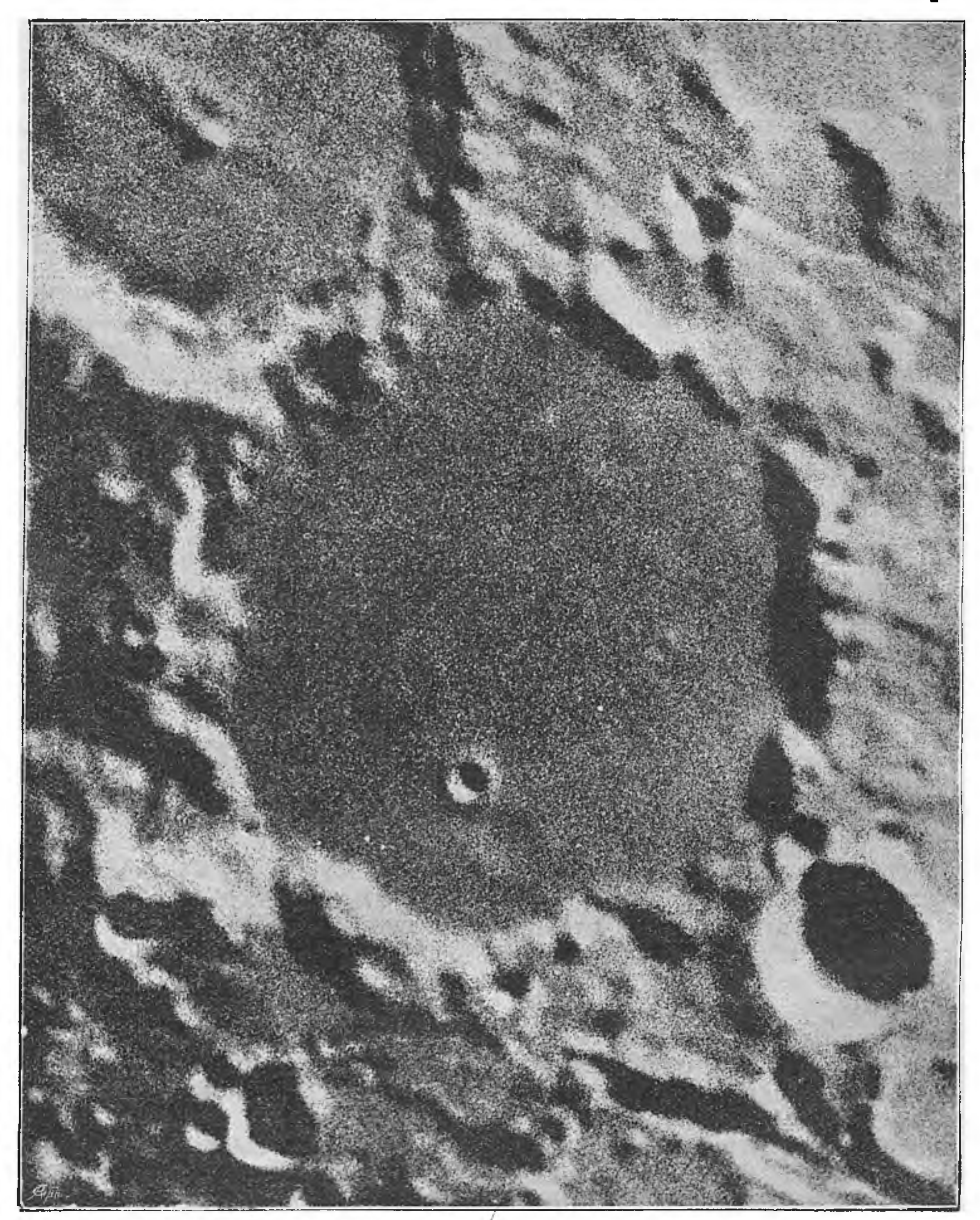
получаемое въ Ликскомъ рефракторѣ равно 13,5 см., а изображеніе, даваемое оригинальнымъ новымъ „ломаннымъ телескопомъ" (Equatorial coudé) въ Парижѣ, даже 18 см. Мы знаемъ теперь (см. стр. 23), что величина изображенія въ фокусѣ зависитъ отъ фокуснаго разстоянія, т. е. отъ длины телескопа, которую уже нельзя значительно увеличивать далѣе. Если же изображеніе увеличиваютъ другимъ путемъ, напр., при помощи окуляровъ, то это сопровождается соотвѣтственнымъ ослабленіемъ свѣта. Въ такомъ случаѣ необходимо удлиннять экспозицію, что съ своей стороны усиливаетъ остальные источники ошибокъ, неспокойствіе воздуха и телескопа и т. д. Итакъ, повидимому, успѣхи селенографіи въ настоящее время зависятъ не столько отъ усовершенствованія телескопа, сколько отъ усовершенствованія фотографическихъ пластинокъ.

Пользуясь богатымъ матеріаломъ рисунковъ, сдѣланныхъ отчасти рукой человѣка, отчасти фотографіей, мы попытаемся изучить лунный міръ. Уже при поверхностномъ взглядѣ сразу бросается въ глаза существенная разница въ характерѣ горъ нашего спутника и въ привычномъ для насъ характерѣ земныхъ горъ. Вся видимая половина луны покрыта круглыми образованіями, которыя, благодаря шаровой формѣ луны, представляются все болѣе эллиптическими, по мѣрѣ приближенія къ краю видимаго луннаго диска. Образованія эти представляютъ всевозможные размѣры: отъ цѣлыхъ морей, какъ, напр., Mare Crisium (см. прилагаемую таблицу), до ничтожнѣйшихъ отверстій на лунной поверхности, которыя можно обнаружить только при помощи тончайшихъ вспомогательныхъ средствъ, и которыя имѣютъ самое большое 200 м. въ поперечникѣ. Сначала всѣ эти круглыя образованія называли именемъ лунныхъ кратеровъ, но позднѣе убѣдились, что самыя бо̀льшія изъ нихъ, цирки (равнины, окруженныя валомъ) а также кольцевыя горы, столь существенно отличаются отъ всѣхъ земныхъ горныхъ формъ, что пришлось установить для нихъ новую категорію.

Эти категоріи, на которыя мы хотимъ подраздѣлить то, что видимъ на небѣ, мы можемъ конечно установить, на сколько возможно, по анологіи съ земными формами. Здѣсь же, въ началѣ описательной части, необходимо отмѣтить, что о природѣ или происхожденіи соотвѣтственныхъ образованій мы при этомъ не дѣлаемъ никакихъ предположеній. Мы ограничимся сначала простымъ описаніемъ, а о природѣ, происхожденіи и взаимной связи видимыхъ предметовъ будемъ судить только тогда, когда изъ всѣхъ частей нашей обширной области изслѣдованія, будемъ имѣть достаточно данныхъ, на основаніи которыхъ можемъ составить взгляды на тѣ или другіе предметы. Изслѣдуя природу какого нибудь мірового тѣла, мы не должны смотрѣть на него, какъ на нѣчто, совершенно самостоятельное, такъ какъ въ небесныхъ пространствахъ нѣтъ ни одного предмета, который не былъ бы въ связи съ окружающимъ, а безъ этой связи природа предмета не можетъ быть понята.

Одинъ изъ лунныхъ цирковъ, такъ называемый Птоломей, изображенъ на прилагаемомъ рисункѣ. Онъ лежитъ на лунѣ приблизительно на линіи, составляющей свѣтовую границу въ первую и послѣднюю четверть. На нашей лунной картѣ указаны границы, до которыхъ доходитъ освѣщеніе въ различные возрасты луны, и соотвѣтственныя указанія нанесены на экваторѣ: напр., на второй день послѣ новолунія освѣщается только часть луны, лежащая между кривыми, обозначенными цифрами 0 и 2; на 17-й день луннаго возраста, т. е. черезъ два дня послѣ полнолунія, какъ разъ только эта часть остается неосвѣщенной. Впрочемъ, вслѣдствіе либраціи, эти границы могутъ нѣсколько смѣщаться. Циркъ Птоломей находится между линіями 7-го и 8-го, или 22-го и 23-го дня; слѣдовательно, онъ становится видимымъ на 7-й или 8-й день послѣ новолунія, и остается такъ

до 22-го или 23-го дня. Онъ обозначенъ цифрой 96*). Лунная карта имѣетъ поперечникъ въ 212 мм.; такъ что на ней, соотвѣтственно вышеприве-



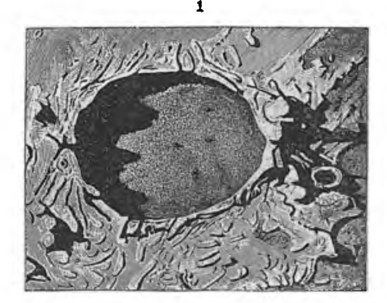
Циркъ Птоломей. По оригин. негативу Ликской обсерваторіи 10 ноября 1892 г. увеличенъ въ 16 разъ Л. Вейнекомъ въ Прагѣ.

денному размѣру луннаго поперечника, 1 мм. отвѣчаетъ въ среднемъ $16^1/_2$ км. на лунѣ. Циркъ Птоломей равенъ на нашей картѣ 9 мм., слѣдо-

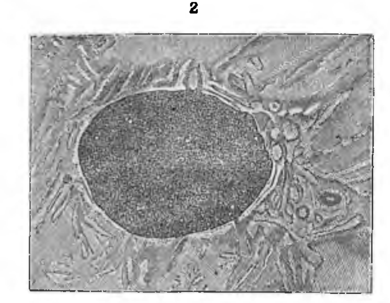
*) Для того чтобы легче отыскать различные предметы на нашей лунной картѣ, нужно замѣтить слѣдующее: луна раздѣлена на четыре квадранта. Всѣ предметы, обозначенные 1—50, находятся въ сѣверовосточномъ квадрантѣ, 50—100 въ юговосточномъ, 101—150 въ югозападномъ и наконецъ 151—200 въ сѣверозападномъ. Названія по краю карты расположены въ алфавитномъ порядкѣ, отдѣльно для каждаго квадранта.

вательно, въ дѣйствительности онъ равенъ 150 км.; все саксонское королевство помѣстилось бы свободно въ этомъ циркѣ. По этому можно судить, что лунные цирки не имѣютъ ничего общаго съ нашими вулканами, кромѣ круглой формы. Отношеніе между высотой кольцевого вала цирка и поперечникомъ заключеннаго въ немъ плато совершенно иное, чѣмъ въ такихъ земныхъ вулканахъ, въ которыхъ, какъ напр. на Сольфатара въ Пуццуоли близъ Неаполя, первоначальное отверстіе кратера совершенно засыпано наноснымъ матеріаломъ, образовавшимъ плоскій покровъ. Пришлось бы представить себѣ вулканъ, въ окружности равный Богеміи и обнесенный такимъ же валомъ, какъ горы, окружающія эту страну.

1



2



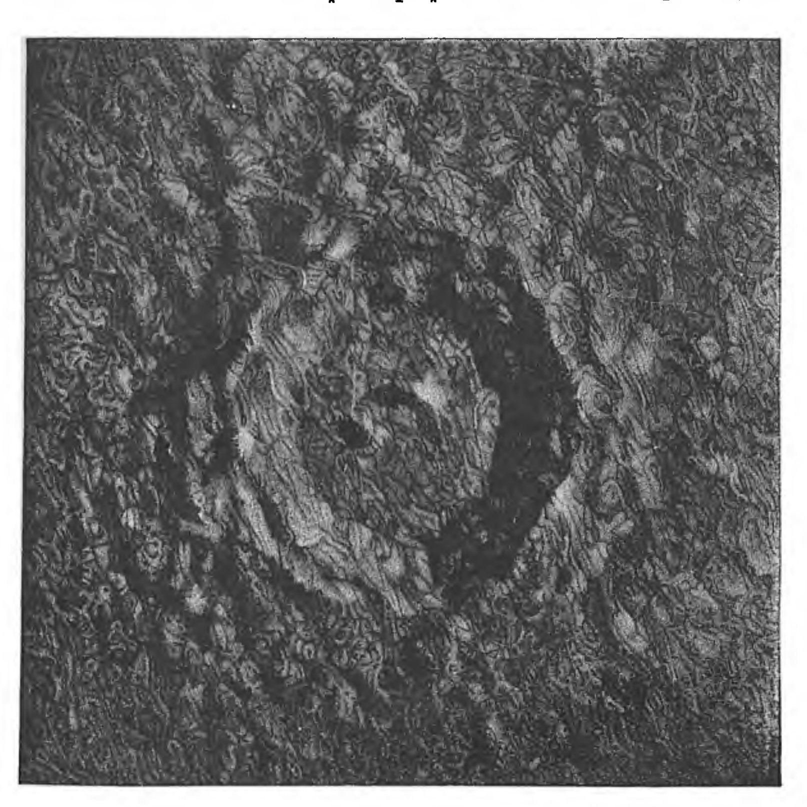
Циркъ Платонъ: 1) При восходѣ солнца, 2) при полуденномъ освѣщеніи. По Нейсону.

Для этихъ большихъ лунныхъ цирковъ характерно то, что въ большинствѣ случаевъ внутри они не обнаруживаютъ никакихъ поверхностныхъ образованій, и представляютъ, насколько мы можемъ различить, совершенныя плато, прерывающіяся, самое большое, нѣсколькими отверстіями, которыми лунная поверхность вообще покрыта всюду, подобно оспеннымъ рубцамъ; о нихъ рѣчь будетъ еще впереди. Эти отверстія, изъ которыхъ одно, въ циркѣ Птоломея, изображено на стр. 96, очевидно, не имѣютъ никакой связи съ кольцевымъ валомъ, если судить по аналогіи съ земными образованіями. Ихъ нельзя, напр., считать насыпными конусами, которые всегда занимаютъ центральное мѣсто относительно вала кратера, образующагося изъ продуктовъ вулканическихъ изверженій. Наконецъ, надо отмѣтить еще одну очень характерную особенность этихъ лунныхъ образованій, именно: внутренняя равнина ихъ почти всегда лежитъ ниже уровня сосѣднихъ мѣстъ; на земныхъ вулканахъ этого никогда не бываетъ и при способѣ ихъ образованія не можетъ быть. Къ тому же типу цирковъ принадлежатъ: Альбатегніусъ (№ 139 на нашей лунной картѣ) вблизи Птоломея; Архимедъ (№ 10) въ морѣ Дождей: Платонъ (см. рис. на стр. 97) на сѣверномъ краѣ того же моря (№ 20) и Шикардъ (66) на самомъ юговосточномъ краѣ луны. Архимедъ лежитъ въ мѣстности лунныхъ Аппенинъ (см. таблицу къ стр. 102) и представляетъ величайшее изъ кольцевыхъ образованій, находящихся на этой морской равнинѣ. Очень своеобразное исключеніе изъ общаго правила представляетъ лежащій рядомъ съ Шикардомъ, циркъ Варгентинъ (60), который выдается надъ окрестными долинами подобно крышкѣ отъ ящика, а не углубленъ, какъ всѣ другіе такіе же цирки.



Циркъ Платонъ при восходѣ солнца. Рис. Л. Вейнека въ Прагѣ, 10 ноября 1884.

Болѣе похожи на земныя образованія кольцевыя горныя группы, имѣющія одинъ центральный конусъ или цѣлую центральную горную группу. Наибольшія изъ этихъ кольцевыхъ горъ достигаютъ величины среднихъ цирковъ. Типомъ подобныхъ лунныхъ образованій считается Коперникъ (№ 4); это — одинъ изъ предметовъ, наиболѣе бросающихся въ глаза на поверхности луннаго диска во вторую четверть луны; онъ появляется на девятый день луннаго возраста. Здѣсь мы даемъ его изображеніе, увеличенное Вейнекомъ по фотографіи Ликской обсерваторіи.



Лунный кратеръ Коперникъ, увелич. въ 14 разъ. Рис. Л. Вейнека въ Прагѣ по ориг. фотогр. Ликской обсерваторіи, 28 Іюля 1891 г.

Кольцевыя горы съ центральнымъ конусомъ имѣютъ, однако, еще нѣкоторое родство съ цирками: дно кратера лежитъ значительно ниже внѣшней поверхности, и кольцевой валъ, въ большинствѣ случаевъ огромный, не имѣетъ никакого отношенія къ невысокому центральному конусу, хотя, повидимому, и имѣетъ съ нимъ какую то генетическую связь. Изрѣдка на центральныхъ горахъ можно замѣтить признаки кратера. Послѣдній, однако, долженъ былъ бы имѣть значительные размѣры, если бы, какъ на земныхъ вулканахъ, кольцевые валы образовались только изъ продуктовъ, выброшенныхъ во время изверженія этими кратерами. Никогда эти центральныя горы не поднимаются надъ вершинами кольцевыхъ горъ, но почти всегда лежатъ ниже, и высота ихъ обыкновенно менѣе половины глубины внутренней впадины; послѣдняя въ кольцевыхъ горахъ не бываетъ такой плоской, какъ въ большихъ циркахъ, но ея средняя точка занимаетъ всегда самое низкое положеніе, слѣдовательно, эти впадины имѣютъ форму ямъ. Внутренность большинства кольцевыхъ горъ состоитъ, повидимому, изъ болѣе свѣтлаго вещества, чѣмъ остальная поверхность луны.

Чтобы ближе изучить типъ кольцевыхъ горныхъ группъ, мы нѣсколько подробнѣе опишемъ ландшафтъ кратера Коперника, руководствуясь рисункомъ на стр. 98, а также измѣреніями уже названнаго изслѣдователя луны, Шмидта. Хотя кольцевой валъ въ своихъ главныхъ очертаніяхъ образуетъ довольно правильный кругъ, однако, мы сразу видимъ, что онъ представляетъ не сплошную стѣну, а разсѣченныя многими ущеліями горы.



Міроздание. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Mare crisium на лунѣ.

По фотографіи Ликской обсерваторіи.

которыя многочисленными террассами спускаются и поднимаются въ видѣ амфитеатра. Уже при первомъ взглядѣ можно замѣтить, что эти террассы кнаружи спускаются не такъ круто, какъ внутрь. Поперечникъ кольцевыхъ горъ между внѣшними террассами равенъ 124 км.; если представить, что въ центрѣ этихъ кольцевыхъ горъ лежитъ городъ Лейпцигъ, то холмистая цѣпь внѣшней террассы пройдетъ приблизительно отъ Хемница, черезъ Ризу, Виттенбергъ, Эйслебенъ, Апольду до Цвикау. Самыя высокія вершины этой холмистой цѣпи возвышаются надъ уровнемъ окружающей морской равнины самое большое на 800—900 м., при чемъ со стороны равнины подъемъ идетъ подъ угломъ около 10⁰. Зато внутрь къ главному валу, терраса падаетъ круто подъ углами въ 40⁰—60⁰. Изъ котловины, лежащей внутри террассы, главный валъ поднимается въ общемъ еще на 1000—1500 м.; онъ во многихъ мѣстахъ разорванъ, разрѣзанъ и увѣнчанъ отдѣльными пиками, зубцами и куполообразными выступами. Самый высокій выступъ, наиболѣе бросающійся въ глаза по отбрасываемой имъ тѣни, лежитъ на западной сторонѣ и достигаетъ высоты Монблана. Поперечникъ главнаго вала равенъ около 90 км. Этотъ валъ круто падаетъ къ внутренней равнинѣ подъ углами въ 50—60⁰. Но обрывъ идетъ здѣсь гораздо ниже внѣшняго склона, такъ что внутренняя площадь, имѣющая въ поперечникѣ около 53 км., лежитъ ниже общаго уровня почти на 2,400 м.

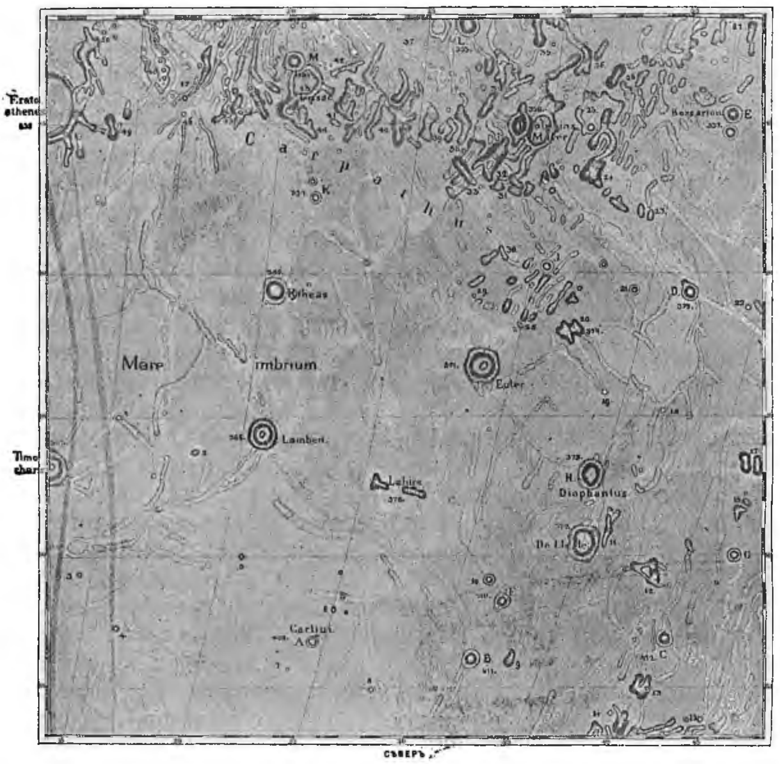
Дно кратера,—такъ называются по аналогіи съ земными образованіями равнины, лежащія внутри кольцевыхъ горъ,—не представляется ровнымъ: кромѣ центральной горы и ясно видимыхъ возвышенностей и углубленій, при очень благопріятномъ состояніи воздуха, можно различить мелкія неровности, которыми усѣяно все дно. На увеличенномъ изображеніи Вейнека это можно замѣтить по массѣ тонкихъ жилокъ, напоминающихъ ходы червей, и замѣтныхъ только при болѣе тщательномъ разсматриваніи. Внутренняя долина и главный валъ являются въ особенно яркомъ блескѣ, когда въ полнолуніе солнце стоитъ какъ разъ надъ ними, а отдѣльныя мѣста иногда сохраняютъ этотъ блескъ даже тогда, когда все здѣсь погружено въ глубокій мракъ. Со дна кратера поднимаются на 600 м. центральныя горы съ относительно пологими скатами въ 20⁰, ихъ вершины остаются еще на 1,800 м. ниже внѣшнихъ окрестностей Коперника, и стоя на самой высокой точкѣ главнаго вала, можно было бы ихъ видѣть на 4,000 м. ниже себя.

Если мы представимъ себѣ всѣ эти отношенія, то, какъ ни велико при поверхностномъ взглядѣ внѣшнее сходство кольцевыхъ горъ съ нашими вулканами, все же мы должны согласиться, что на землѣ нѣтъ такихъ ландшафтовъ, которые можно бы было сравнить съ описанными. Однако, сходство съ нашими вулканами этихъ круглыхъ образованій, которыя существуютъ на лунѣ во всевозможныхъ размѣрахъ—до самыхъ ничтожныхъ, еле различимыхъ,—становится тѣмъ значительнѣе, чѣмъ меньше размѣры этихъ образованій. Не надо забывать, что самые мелкіе предметы, которые мы можемъ различать на современныхъ лунныхъ фотографіяхъ, соотвѣтствуютъ нашимъ большимъ вулканамъ; и хотя при помощи телескоповъ, какъ мы видѣли, въ настоящее время можно различать гораздо больше, чѣмъ при помощи фотографіи, однако, мельчайшія кратерныя углубленія, которыя при благопріятныхъ условіяхъ можно видѣть на лунѣ, всетаки превосходятъ по величинѣ большинство нашихъ земныхъ вулкановъ.

Глубокое отличіе топографическаго характера лунной поверхности сравнительно съ поверхностью земли, заключается кромѣ того въ безусловномъ преобладаніи на лунѣ кольцеобразныхъ горныхъ образованій. Тогда какъ на землѣ насчитываютъ только около 300 вулкановъ дѣйствующихъ и потухшихъ, „Карта лунныхъ горъ“ Шмидта даетъ не менѣе 32,856 кратеровъ. Но конечно, она еще заключаетъ не всѣ дѣйствительно существую-

щія на лунѣ образованія этого рода. Шмидтъ самъ подтверждаетъ это, говоря, что при увеличеніи въ 600 разъ, тамъ можно насчитать до 100,000 кратеровъ. Но можно сказать съ полною увѣренностью, что на лунѣ существуютъ тысячи кольцевыхъ горъ, которыя вслѣдствіе незначительныхъ размѣровъ не могутъ быть видимы. Если принять въ разсчетъ, что вся поверхность луны въ 13,4 раза меньше поверхности земли, и что мы можемъ видѣть только не больше половины ея, то окажется, что на томъ пространствѣ, на которомъ на землѣ находится въ среднемъ одинъ вулканъ, на лунѣ находится много тысячъ кольцевыхъ горъ.

Въ дѣйствительности эти образованія распредѣлены неравномѣрно по

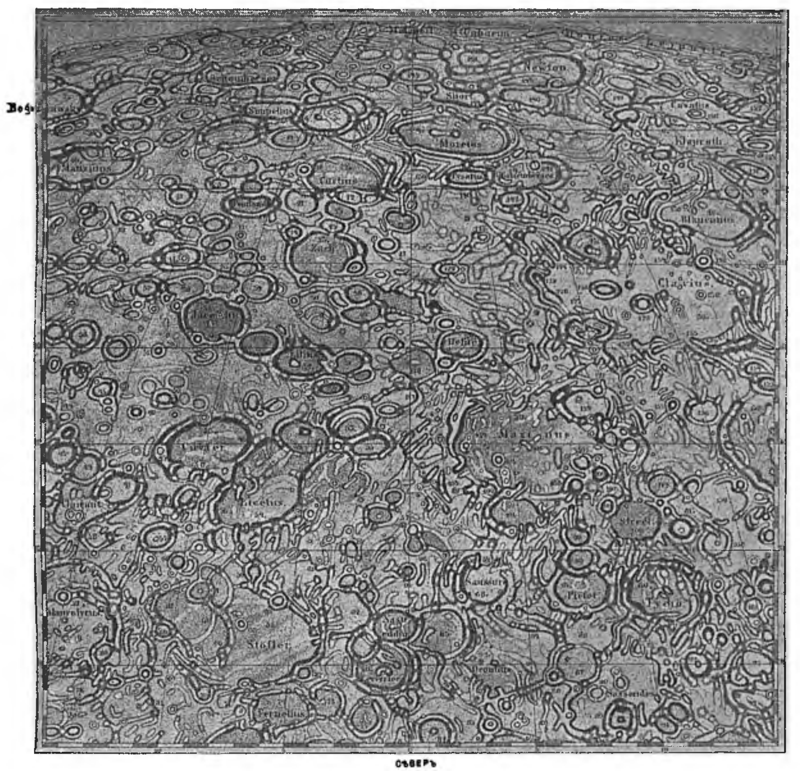


Отдѣлъ V большой лунной карты Лормана. Уменьшенная копія.

поверхности нашего спутника, и въ нѣкоторыхъ областяхъ оказывается гораздо больше кольцевыхъ горъ, чѣмъ даетъ приведенное среднее число. При первомъ уже взглядѣ на лунную карту можно видѣть, что сѣверная половина видимой у насъ лунной поверхности, заключающей большія морскія равнины, гораздо менѣе усѣяна кратерными отверстіями, чѣмъ южная. На морскихъ равнинахъ они появляются, несомнѣнно, очень рѣдко. Наглядное представленіе объ этомъ неравномѣрномъ распредѣленіи даетъ сопоставленіе двухъ отдѣловъ, V и XXIII, лунной карты Лормана (см. рис. стр. 100 и 101). Оба изображенія даютъ одинаковыя по величинѣ части видимаго луннаго диска, но область, обнимаемая отдѣломъ XXIII, вслѣдствіе болѣе значительнаго сокращенія, подъ какимъ она намъ представляется, занимаетъ на лунѣ въ дѣйствительности гораздо большую поверхность, чѣмъ область, отвѣчающая отдѣлу V. Первая принадлежитъ южному полюсу луны, послѣдняя находится въ сѣверовосточномъ квадрантѣ и заключаетъ море Дождей. Кольцевыя горы здѣсь распредѣлены очень скудно,

тогда какъ онѣ очень густо усѣиваютъ изображенную область южнаго полюса.

Еще яснѣе выступаетъ „изрытый“ характеръ области южнаго полюса въ окрестностяхъ луннаго кратера Тихо, интереснаго еще и въ другомъ отношеніи. Изображеніе этого кратера по снимку Ликской обсерваторіи дано на стр. 102. Кратеры скучиваются здѣсь такъ тѣсно, что часто сближаются между собою, налагаются одинъ на другой, или вдвигаются другъ въ друга. Послѣднее особенно ясно видно на кратерахъ 97, 98 и 99 (Пикте), на отдѣлѣ XXIII. Кратеръ 98, очевидно, есть болѣе позднее образованіе, чѣмъ 97, ибо его кольцевой валъ къ югу совершенно разрушилъ кольце-

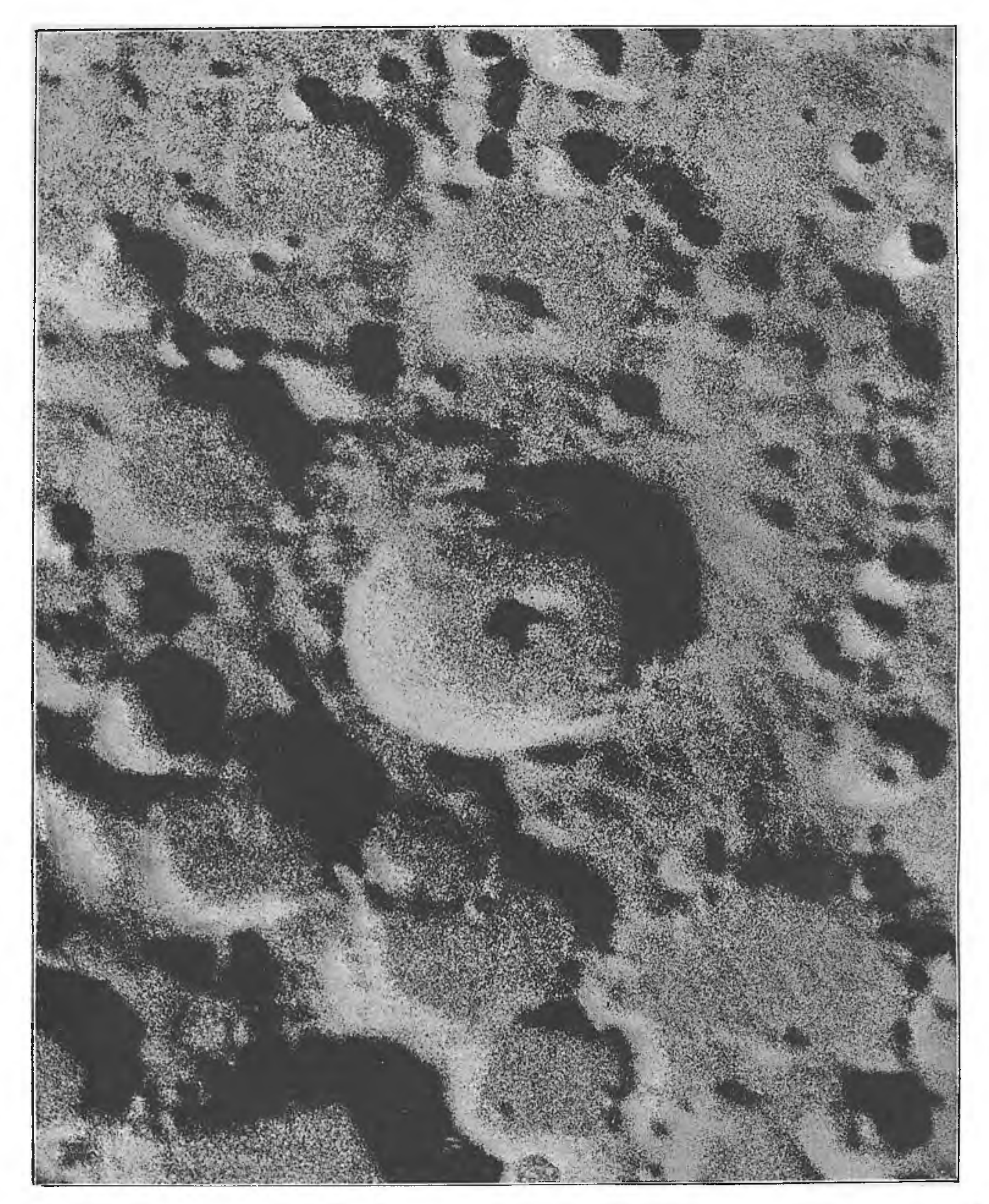


Отдѣлъ XXIII большой лунной карты Лормана. Уменьшенная копія.

вой валъ второго кратера и образовалъ свой собственный валъ въ первоначальномъ днѣ кратера Пикте. Далѣе къ югу образовался кратеръ 99, который имѣетъ часть кольцевого вала общую съ сосѣдомъ. Въ другихъ случаяхъ совсѣмъ нѣтъ этого общаго кольцевого вала, и дна кратеровъ непосредственно соединяются между собою. Въ другихъ мѣстахъ кратеры тянутся въ рядъ, подобно ниткѣ бусъ. Однимъ словомъ, эти загадочныя лунныя образованія встрѣчаются во всевозможныхъ комбинаціяхъ, какія только можно придумать. Очень странное впечатлѣніе производятъ небольшія и совершенно мелкія отверстія кратеровъ, находящіяся въ значительномъ количествѣ вблизи большихъ кольцевыхъ горъ; они имѣютъ такой видъ какъ будто это слѣды дождевыхъ капель въ вязкой почвѣ. Особенно много этихъ маленькихъ ямъ находится около Тихо, Птоломея и Коперника.

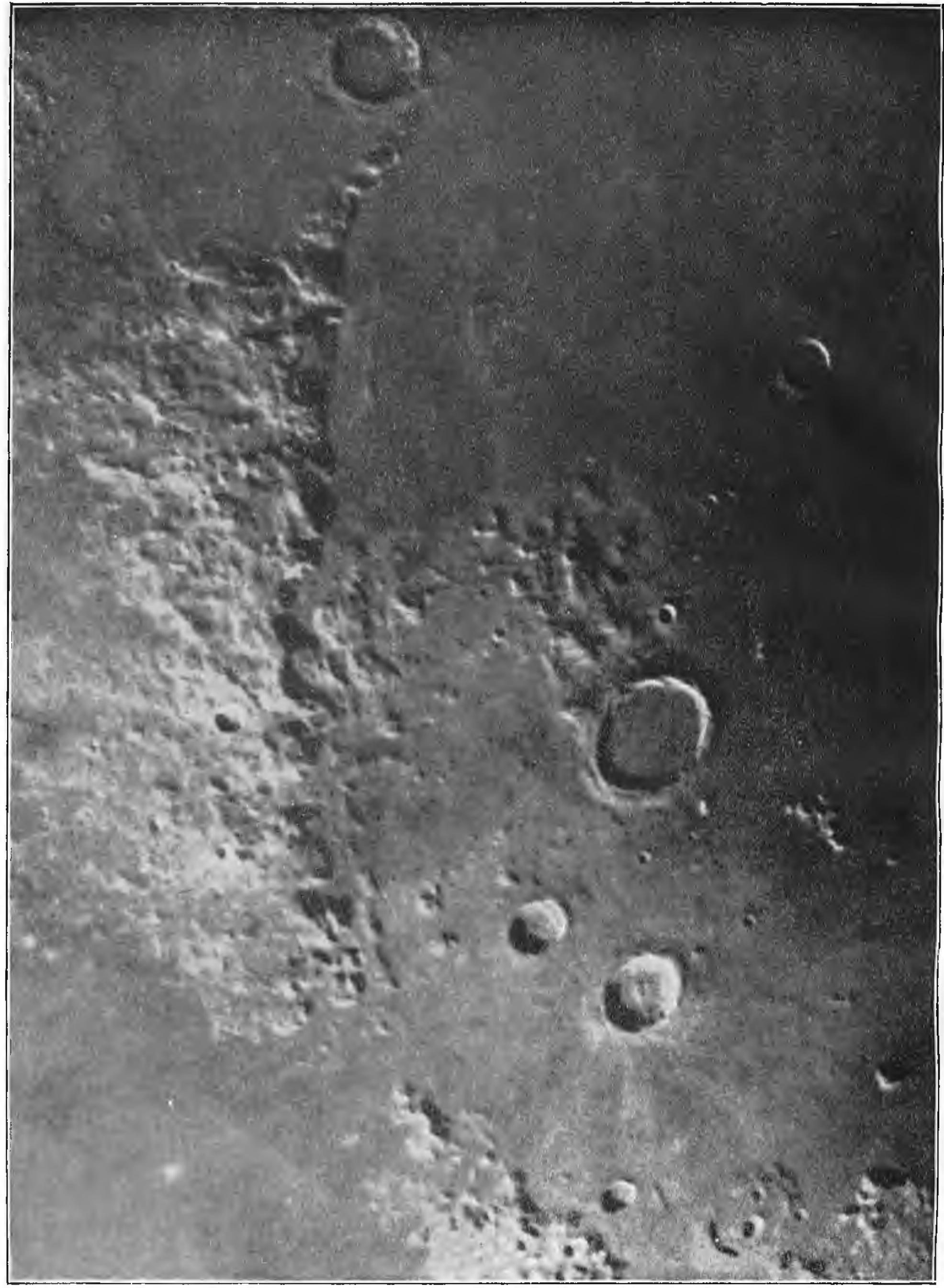
Итакъ, лунныя горы отличаются отъ земныхъ безусловнымъ преобладаніемъ кольцевыхъ горъ, у насъ же нормальнымъ типомъ горъ являются горныя цѣпи. Правда, на лунѣ также имѣются горныя цѣпи, и при извѣст-

номъ освѣщеніи нѣкоторыя выступаютъ очень отчетливо, какъ, напримѣръ, горный хребетъ лунныхъ Апеннинъ, который въ первую и послѣднюю четверть, когда онъ находится на границѣ тѣни, представляетъ необычайно



Лунный кратеръ Тихо съ его окрестностями. Увелич. въ 16 разъ Л. Вейнекомъ въ Прагѣ по оригин. негативу Ликской обсерваторіи. Снимокъ сдѣланъ 10 ноября 1892 г.

красивый видъ. Этотъ хребетъ изображенъ на прилагаемой таблицѣ по фотографіи Ликской обсерваторіи. При первомъ взглядѣ въ телескопъ можно, однако, видѣть, что горы эти представляютъ еще болѣе запутанное разчлененіе. На картѣ Медлера нанесены до 500 вершинъ этихъ горъ; но тотъ же



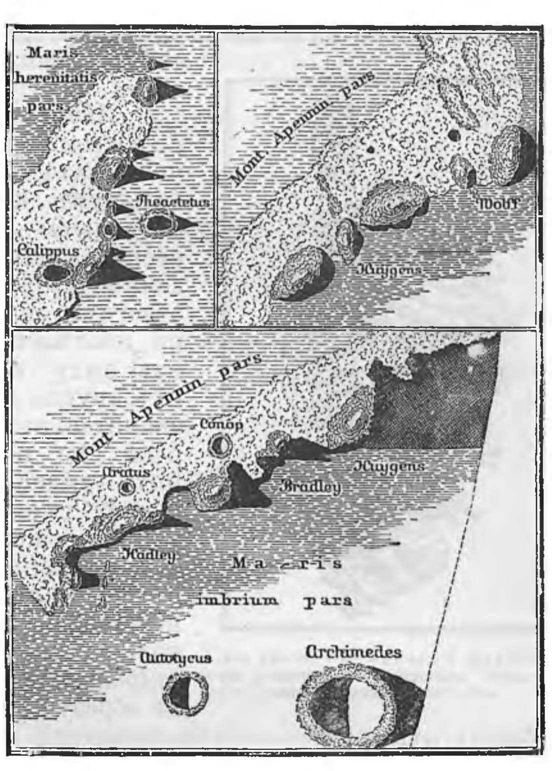
Міроздание.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Горный хребетъ Аппенины на лунѣ.

По фотографіи Ликской обсерваторіи.

изслѣдователь полагаетъ, что въ дѣйствительности эти горы состоятъ изъ 2000—3000 отдѣльныхъ вершинъ. Если мы разсмотримъ ближе строеніе этихъ горныхъ цѣпей, то про нихъ придется сказать то же, что и про кольцевыя горы, т. е. что сходство ихъ съ соотвѣтственными образованіями на землѣ болѣе случайное, а не основанное па внутреннемъ родствѣ. Чтобы это доказать, мы даемъ на стр. 104 изображеніе острова Корсики, представленнаго въ освѣщеніи, подобномъ тому, въ какомъ мы видимъ лунныя горы. Здѣсь передъ нами средняя, болѣе возвышенная часть; отъ нея по обѣ стороны довольно равномѣрно спускаются отроги, а кругомъ группируются, какъ сучья вокругъ главнаго ствола, поперечныя долины, происшедшія отъ размыванія. Подобнаго строенія, которое объясняется образованіемъ складокъ или морщинъ на земной корѣ, нельзя открыть въ горныхъ цѣпяхъ на лунѣ. Послѣднія очень похожи на отрѣзки кольцевого вала, окружавшаго равнину. Съ югозапада Апеннины отлого поднимаются террассами, около самаго моря Дождей достигаютъ максимальной высоты (высочайшая вершина, Гюйгенсъ, поднимается на 5,600 м. надъ равниною) и затѣмъ круто спускаются къ морю. Вершины этихъ горъ не образуютъ столь характерныхъ для земныхъ горъ гребней съ зубцами, пиками и т. под., но большею частью имѣютъ округлую куполообразную форму, какъ и вершины кольцевыхъ валовъ.

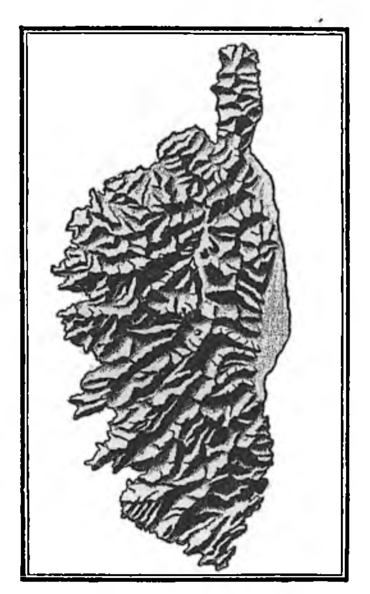


Лунныя Апеннины по Шрётеру. Изъ Schröter, „Selenotopographische Fragmente“.

Если мы будемъ ближе разсматривать море Дождей въ томъ предположеніи, что оно имѣетъ родство съ цирками, то найдемъ, что дѣйствительно оно почти всюду по краямъ ограничено подобными горными цѣпями, образующими вмѣстѣ громадный кольцевой валъ, разорванный сравнительно въ немногихъ мѣстахъ. Южную часть этого кольцевого вала образуютъ лунные Карпаты, съ юго-запада тянутся Апеннины, затѣмъ на сѣверо-западѣ слѣдуютъ Альпы, огромная, чрезвычайно интересная горная цѣпь, самая восточная гряда которой граничитъ съ красивымъ циркомъ Платона. Далѣе къ востоку горная цѣпь продолжается и образуетъ рѣзко вдающійся въ морскую равнину мысъ Лапласа (№ 15 нашей лунной карты), который, очевидно, образовался въ томъ мѣстѣ, гдѣ отчасти помѣстился другой большой циркъ, прошедшій черезъ кольцевую стѣну громадныхъ горъ, окружающихъ море Дождей. Отъ этого послѣдняго цирка имѣется теперь только сѣверная половина, называемая „Sinus Iridum“, т. е. Радужный заливъ. Хотя примыкающая сюда восточная часть горъ, окаймляющихъ море Дождей, состоитъ изъ болѣе низкихъ горныхъ хребтовъ, но очертанія ея ясно показываютъ связь съ остальными частями большого кольцевого вала.

Далѣе можно видѣть, что внутренняя площадь моря Дождей, являющаяся ясно эллиптической на видимомъ лунномъ дискѣ, въ дѣйствительности образуетъ на шарообразной лунѣ почти правильный кругъ, который кажется вытянутымъ только вслѣдствіе косого положенія линіи зрѣнія. Эта область, занимающая 880,000 кв. км., т. е. двадцать вторую часть всего видимаго луннаго полушарія, представляетъ громадную равнину, имѣющую такое же устройство, какъ тысячи другихъ такъ называемыхъ лунныхъ кратеровъ.

Остальныя большія горныя цѣпи на лунѣ также заключаютъ круглыя равнины, такъ Гэмусъ и Тавръ окружаютъ Mare Serenitatis (Море Ясности). Такимъ образомъ мы должны придти къ заключенію, что и эти формы горъ имѣютъ только внѣшнее сходство съ нашими, но отличаются отъ нихъ по своему происхожденію, и стоятъ въ тѣсной связи съ образованіемъ большихъ цирковъ.



Островъ Корсика при косомъ солнечномъ освѣщеніи, съ птичьяго полета. См. текстъ стр. 103.

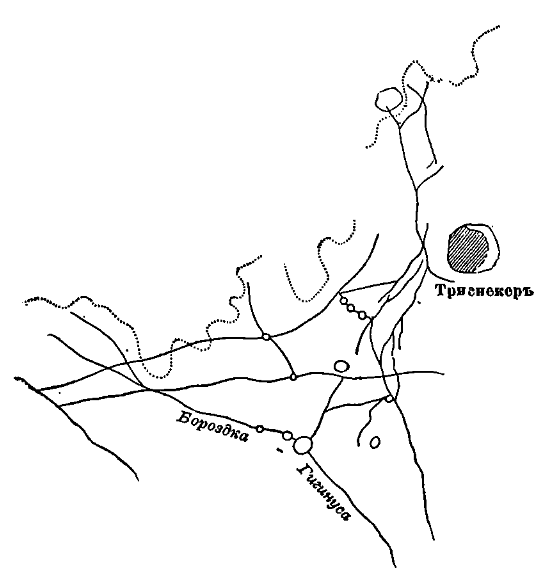
Иначе дѣло обстоитъ съ такъ называемыми горными жилами, цѣпями низкихъ холмовъ, которыя находятся на лунѣ въ довольно большомъ количествѣ; онѣ многократно развѣтвляются, не обнаруживаютъ кольцеобразнаго расположенія и вообще приближаются къ типу земныхъ горныхъ формъ. Онѣ спускаются очень отлогими склонами подъ угломъ меньше 5° и, по изслѣдованію Медлера, высота нѣкоторыхъ изъ нихъ не превышаетъ 15—20 м. Поэтому ихъ трудно было бы видѣть, если бы при незначительной высотѣ онѣ не были очень широки. Во всякомъ случаѣ большинство изъ нихъ видно только при очень косомъ освѣщеніи, т. е. при восходѣ или закатѣ солнца. Горныя жилы находятся только на морскихъ равнинахъ и на родственныхъ съ ними внутреннихъ площадяхъ цирковъ, но очевидно не стоятъ ни въ какой связи съ окружающими кольцевыми валами или горными цѣпями. Ихъ широкіе хребты часто тянутся на много миль, не образуя сколько нибудь замѣтныхъ вершинъ. Область луны, гдѣ особенно характерно выступаютъ образованія этого рода, лежитъ въ юговосточной части моря Дождей (отдѣлъ V карты Лормана, см. стр. 99).

Природа лунныхъ горъ очень замѣтно отличается отъ природы земныхъ еще и тѣмъ, что на лунѣ чаще, чѣмъ у насъ, встрѣчаются отдѣльно стоящіе горные конусы, пики, утесы. Особенно изъ морскихъ равнинъ поднимаются они часто очень круто, какъ, напр., Пико — горный конусъ, который поднимается со дна моря Дождей на высоту болѣе 2000 м.; онъ лежитъ нѣсколько къ югу отъ цирка Платона; склонъ этого конуса имѣетъ уголъ въ 30—35°. Его высота равна высотѣ горъ Риги или Пилата; но на землѣ напрасно стали бы мы искать гору подобныхъ размѣровъ, которая возвышалась бы отдѣльно, какъ данная, безъ всякой связи съ какой либо горною цѣпью; даже наши вулканы стоятъ по большей части на гребняхъ высокихъ горныхъ хребтовъ, какъ, напр., вулканы Сіерры Невады и Андовъ. Если же иногда мы и находимъ отдѣльный вулканъ, совершенно независимо поднимающійся на равнинѣ, то внимательный взглядъ на карту убѣждаетъ насъ, что онъ является членомъ цѣлой цѣпи вулкановъ и по своему происхожденію находится съ ними въ связи. Ничего подобнаго мы не видимъ на многочисленныхъ, отдѣльно стоящихъ горныхъ конусахъ луны; впро-

чемъ и въ строеніи ихъ мы не находимъ никакихъ чертъ, которыя бы выдавали ихъ вулканическое происхожденіе. Эти одинокіе конусы имѣютъ въ большинствѣ случаевъ чрезвычайно ярко освѣщенныя вершины.

Еще болѣе удивительными и еще менѣе похожими на земныя образованія, чѣмъ описанныя до сихъ поръ горныя формы, являются двѣ другихъ топографическихъ особенности лунной поверхности, такъ называемыя борозды и свѣтлыя полосы.

Борозды лучше всего можно сравнить съ громадными трещинами на лунной поверхности. Необходимо строго различать два рода бороздъ, имѣющихъ, очевидно, совершенно различное происхожденіе; при этомъ одинъ родъ встрѣчается очень рѣдко. Наиболѣе рѣзкимъ образцомъ этого послѣдняго рода является большая поперечная альпійская долина; она изображена на верхнемъ рисункѣ таблицы къ стр. 109 и воспроизведена съ рисунка, увеличеннаго Вейнекомъ по фотографіи, снятой 14 марта 1894 г. Леви и Пюизё въ Парижѣ. Эта трещина, имѣющая въ ширину 4 км. и въ длину 150 км., пересѣкаетъ массивъ лунныхъ Альпъ въ совершенно прямомъ направленіи, независимо отъ очертаній горной цѣпи; примѣняя земную точку зрѣнія, мы не находимъ никакой связи между этой трещиной и всей морфологіей данной горной группы. Получается такое впечатлѣніе, какъ будто стоишь передъ громадной брешью, которая произошла отъ удара большого мірового тѣла, коснувшагося луны въ этомъ мѣстѣ. Шмидтъ замѣчаетъ еще объ одной бороздѣ, лежащей къ западу отъ кольцевого вала „Цезарь", что она „имѣетъ характеръ большой альпійской долины". Иныхъ подобныхъ образованій, повидимому, на лунѣ болѣе нѣтъ.



Борозда Гигинусъ и система бороздъ Триснекоръ, представленныя схематически.

Собственно борозды, которыхъ Шмидтъ въ своемъ большомъ трудѣ насчиталъ 348, имѣютъ видъ дѣйствительныхъ трещинъ на лунной поверхности; это не долины: разсѣлины ихъ обыкновенно отчетливо обозначаются на равнинѣ безъ всякихъ насыпей вдоль отвѣсныхъ краевъ. Поэтому онѣ видны только при очень низкомъ положеніи солнца, когда внутренность разсѣлины еще совсѣмъ не освѣщена; какъ только солнце поднимется нѣсколько выше и освѣтитъ одну боковую сторону разсѣлины, борозда исчезаетъ для насъ совершенно. Хотя борозды большей частью идутъ также по прямой линіи, но въ отличіе отъ названныхъ выше „долинъ—брешей", онѣ образуютъ иногда развѣтленія и изгибы, такъ что въ отдѣльныхъ случаяхъ онѣ, пожалуй, напоминаютъ русла рѣкъ. На стр. 105 и 106 мы даемъ два изображенія бороздъ; изъ нихъ первая борозда, Гигинусъ, находящаяся почти посрединѣ луннаго диска, ясно представляется поверхностной щелью, которая прошла черезъ средній кратеръ и на своемъ дальнѣйшемъ пути разсѣкла еще нѣсколько болѣе мелкихъ кратеровъ. Борозда, идущая отъ кратера Геродота, принадлежитъ къ болѣе рѣдкому типу искривленныхъ разсѣлинъ; въ настоящемъ случаѣ она производитъ вполнѣ впечатлѣніе русла рѣки, которая вливается въ одно изъ кратерныхъ озеръ, находящихся внутри кольцевого вала Геродота.

Если мы будемъ слѣдить за бороздой, начиная съ ея самаго широкаго мѣста, то увидимъ, что она беретъ начало въ днѣ кратера, перерѣзаетъ кольцевой валъ на сѣверѣ, идетъ сначала къ сѣверу легкой волнистой линіей, все время между горными грядами, до мѣста, гдѣ холмистая цѣпь какъ будто преградила дорогу теченію рѣки; затѣмъ поворачиваетъ къ юговостоку совершенно такъ, какъ сдѣлалъ бы это въ данномъ мѣстѣ водный потокъ, проходитъ около подошвы горы, и наконецъ теряется въ равнинѣ, лежащей между горами на берегу океана Бурь (Oceanus Procellarum). Если въ данномъ случаѣ трудно отдѣлаться отъ сравненія съ теченіемъ нашихъ рѣкъ, то не нужно забывать, что подобныя образованія на лунѣ очень рѣдки. Высказывалось мнѣніе, что щелеобразныя борозды имѣютъ сходство съ американскими каньонами, особенно съ каньонами Колорадо; слѣдовательно, образованіе ихъ можно было бы приписать дѣятельности воды на лунѣ, если бы удалось найти болѣе вѣскія основанія къ этому, чѣмъ чисто внѣшнее сходство. Прилагаемое изображеніе большого Каньона Колорадо производитъ во всякомъ случаѣ такое же впечатлѣніе, какое могли бы произвести нѣкоторыя лунныя борозды на наблюдателя, находящагося на лунѣ. Существенное различіе между этими узкими разсѣлинами и нашими рѣками мы должны во всякомъ случаѣ видѣть въ томъ, что направленіе борозды не встрѣчаетъ препятствія въ различныхъ высотахъ мѣстности, но безъ всякаго уклоненія пересѣкаетъ кратерныя стѣны и горные хребты.

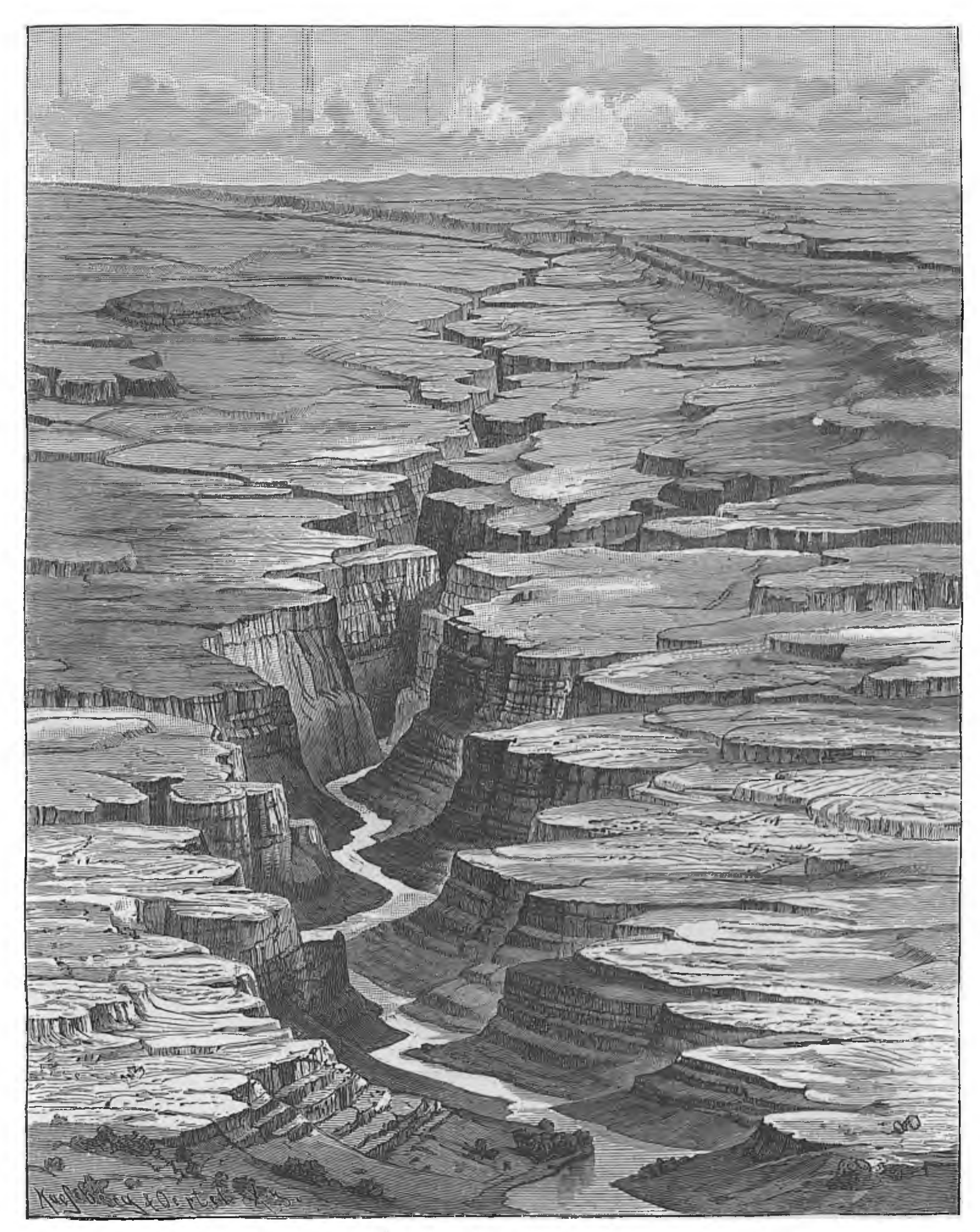


Лунные кратеры Аристархъ и Геродотъ.
Рис. Л. Вейнека въ Прагѣ, 6 марта 1887 г.

Правда, подобныя трещины горъ и ущелья существуютъ и на землѣ. Но въ такомъ случаѣ это обыкновенно результаты такъ называемыхъ тектоническихъ движеній земной коры, образовавшихъ складки нашихъ горъ, слѣдовательно образованіе ихъ также не зависитъ отъ воды. Однако, эти щели никогда не достигаютъ такихъ громадныхъ размѣровъ, какъ лунныя борозды, и вообще представляютъ рѣдкое явленіе. Какъ одно изъ значительнѣйшихъ образованій этого рода на землѣ назовемъ долину Іоземите (Yosemite), которая перерѣзала гранитъ калифорнійской Сіерры Невады и образовала почти отвѣсный обрывъ въ 1000 м.; причемъ верхніе края обрыва отдѣлены другъ отъ друга разстояніемъ въ 2—3 км. Рисунокъ на стр. 108 представляетъ эту область, какой она должна казаться съ луны при соотвѣтственномъ освѣщеніи. Если не принимать въ разсчетъ формы горъ, то борозды по ихъ виду можно лучше всего сравнить съ трещинами, происходящими въ массахъ глины или ила при ихъ высыханіи.

Но совершенно не находятъ себѣ никакихъ подобныхъ явленій въ нашей земной топографіи такъ называемыя свѣтлыя полосы. Это не возвышенности и не углубленія, такъ какъ онѣ не отбрасываютъ никакой тѣни; при низкомъ положеніи солнца ихъ невидно, но въ полнолуніе, когда почти всѣ другія топографическія подробности на лунѣ для насъ исчезаютъ, онѣ становятся на столько замѣтны, что, по увѣренію Медлера, при благопріятныхъ условіяхъ ихъ можно видѣть простымъ глазомъ; во

всякомъ случаѣ въ бинокль онѣ видны. Тогда можно замѣтить, что изъ нѣкоторыхъ точекъ лунной поверхности выходятъ широкія яркія полосы, которыя расходятся радіусами во всѣ стороны. Центромъ ихъ, всегда безъ



Каньонъ рѣки Колорадо въ Сѣв. Америкѣ, какъ земной примѣръ, напоминающій лунныя борозды.

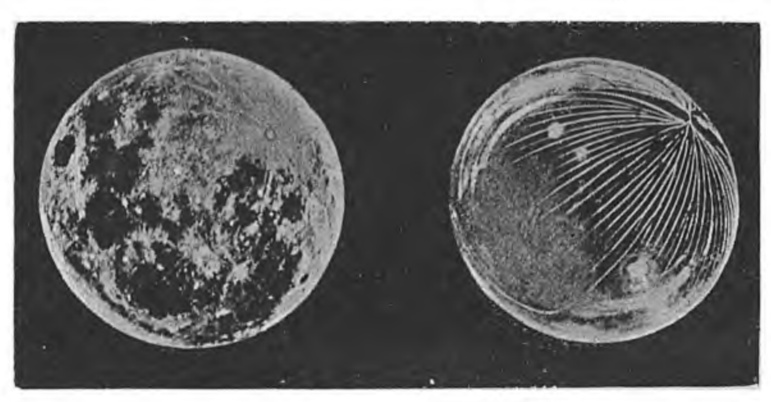
исключенія, являются кольцевыя горныя группы, иногда кратеры. Двѣ самыхъ большихъ системы свѣтлыхъ полосъ выходятъ отъ извѣстныхъ уже намъ кольцевыхъ горныхъ группъ, Тихо и Коперника. На нашей лунной фотографіи (на стр. 48) ихъ видно ясно. Полосы расходящіяся отъ Тихо,

занимаютъ четверть всей видимой лунной поверхности, и нѣкоторыя полосы имѣютъ въ ширину нѣсколько миль. Онѣ тянутся черезъ горы, кольцевыя горныя группы, моря, не смотря на разницу въ высотахъ, и при томъ всегда по совершенно прямымъ линіямъ; случается, что полосы, принадлежащія къ разнымъ системамъ, перекрещиваются, не производя другъ на друга никакого вліянія.



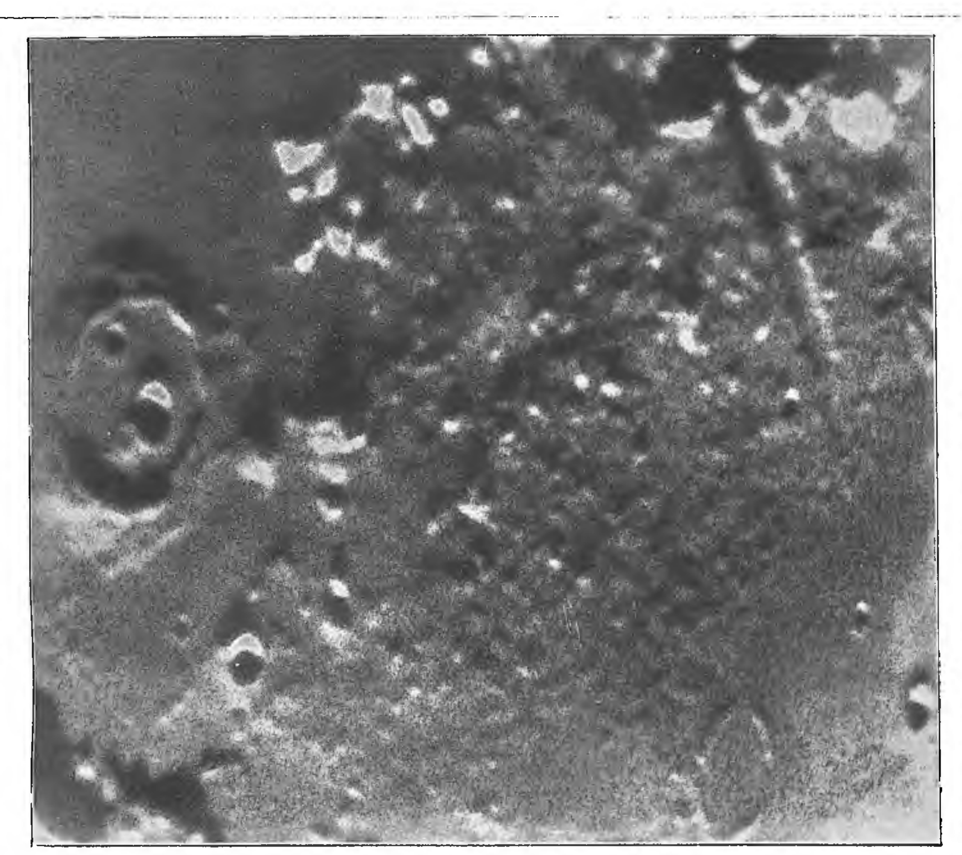
Долина Іоземите (Yosemite), представленная въ видѣ лунной борозды. См. текстъ, стр. 106

Расположеніе свѣтлыхъ полосъ относительно центра можно удачно сравнить съ трещинами на стеклянномъ шарѣ, образовавшимися отъ давленія изнутри. Насмитъ и Карпентеръ получили подобнымъ образомъ расколотый стеклянный шаръ, изображенный на прилаг. рис. рядомъ съ полной луной, перерѣзанной системой свѣтлыхъ полосъ. Они наполнили стеклянный шаръ водой, закупорили его герметически и погрузили въ теплую ванну. Такъ какъ вода расширяется сильнѣе стѣнокъ шара, то она давитъ на послѣднія, и шаръ раскалывается въ мѣстѣ наименьшаго сопротивленія, образуя большое количество расходящихся трещинъ, черезъ которыя и просачивается вода. Эти трещины на шарѣ образуютъ отчетливыя полосы, а на лунѣ борозды; но какъ уже сказано, свѣтлыя полосы не представляютъ никакихъ измѣненій, которыя бы указывали на разницу въ рельефѣ поверхности. Онѣ происходятъ исключительно отъ болѣе яркой окраски почвы; это значитъ, что появившіяся когда-то широкія трещины тотчасъ же снова заполнились выступившей расплавленной массой. Медлеръ насчиталъ

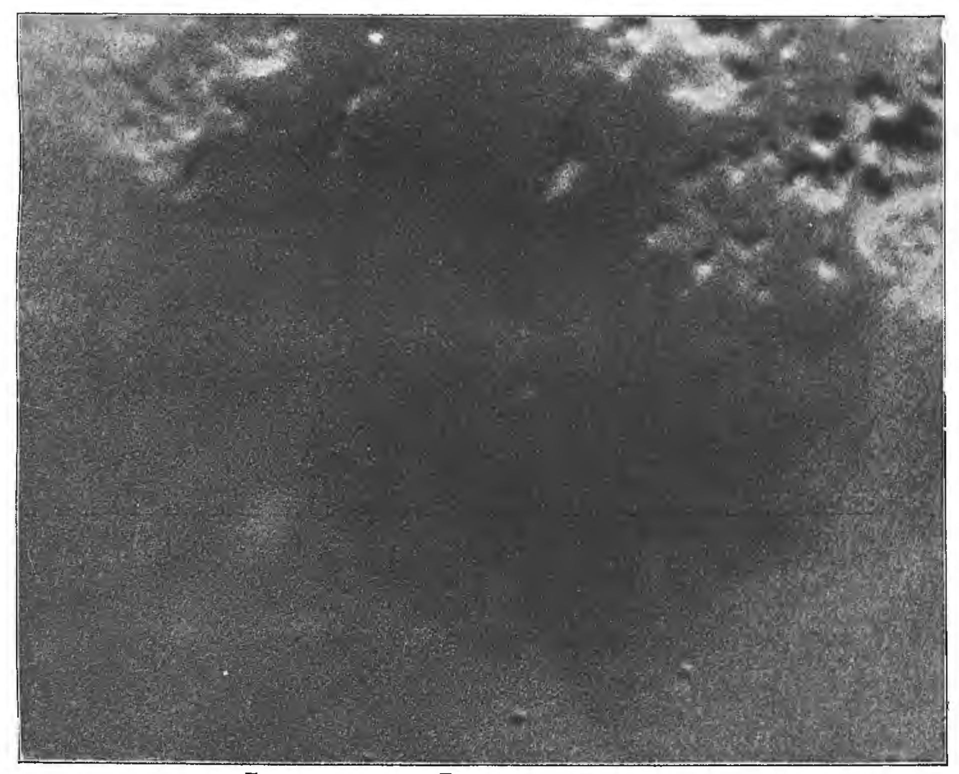


Полнолуніе со свѣтлыми полосами. Искусственно расколотый стеклянный шаръ
По Насмиту и Карпентеру.

такихъ системъ свѣтлыхъ полосъ только семь, но, по мнѣнію Шмидта, нѣкоторые кратеры, окруженные сіяніемъ, и наконецъ отдѣльныя свѣтлыя точки на лунной поверхности нужно отнести также къ системамъ свѣтлыхъ полосъ, или по крайней мѣрѣ разсматривать, какъ родственныя явленія; въ такомъ случаѣ число системъ увеличится до сотни. Кольцевыя горныя группы, изъ которыхъ исходятъ большія системы свѣтлыхъ полосъ, принадлежатъ уже сами по себѣ къ наиболѣе свѣтлымъ точкамъ на лунной поверхности, а „кратеры, окруженные сіяніемъ“ представляютъ переходную форму, такъ какъ при очень благопріятныхъ условіяхъ можно замѣтить, что ихъ сіянія разлагаются на очень тонкія свѣтлыя линіи, т.-е. оказываются также до извѣстной степени системами свѣтлыхъ полосъ, отдѣльные элементы которыхъ сливаются для насъ въ одно общее сіяніе вслѣдствіе несовершенствъ того оптическаго моста, который соединяетъ насъ съ луною (слишкомъ слабое увеличеніе, неспокойствіе воздуха). По аналогіи Шмидтъ заключаетъ далѣе, что и отдѣльныя свѣтлыя точки, которыя не разлагаются на лучи, исходящіе изъ центра, принадлежатъ къ той же категоріи явленій.



Часть лунныхъ Альпъ съ большою поперечною долиною.



Лунный кратеръ Линней и его окрестности.

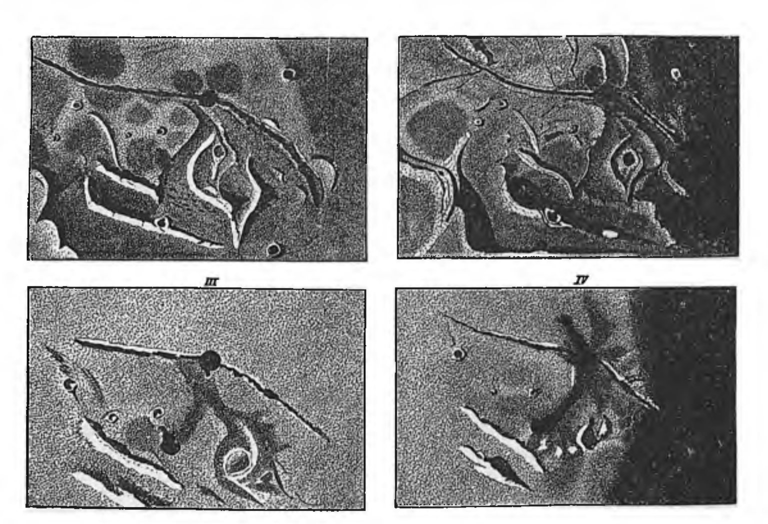
Мироздание.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Фотографическіе снимки луны,

полученные Loewy и Puiseux въ Парижѣ.

Одно изъ этихъ интереснѣйшихъ свѣтлыхъ пятенъ представляетъ небольшой кратеръ Линнея, лежащій въ морѣ Ясности (mare Serenitatis), около его соединенія съ моремъ Дождей у сѣвернаго подножія Альпъ. Мы изображаемъ его съ окружающей мѣстностью, по снимку Леви и Пюизё, увеличенному Вейнекомъ (нижній рис. на прил. фотогр. таблицѣ). Шмидтъ описываетъ его, какъ бѣлое пятно, посрединѣ котораго при косомъ положеніи солнца можно замѣтить въ очень сильный телескопъ чрезвычайно слабую черную точку; подобныя точки можно впрочемъ наблюдать и на другихъ меньшихъ кратерахъ. Повидимому, мы здѣсь имѣемъ передъ собою картину земного вулкана: слабая черная точка есть какъ бы отверстіе кратера, свѣтлое пятно вокругъ нея — потоки лавы. Но самое удивительное въ этомъ случаѣ то, что въ періодъ, когда Лорманъ и Медлеръ составляли свои лунныя карты, кратеръ Линнея имѣлъ несомнѣнно совершенно иной видъ, чѣмъ теперь. Также и Шмидтъ видѣлъ его до 1843 года въ формѣ обыкновеннаго кратера съ поперечникомъ въ 10 клм. и 340 м. глубиною.



Новый кратеръ Клейна, Гигинусъ N. По рисункамъ Нейсона.

Правда, трудно было бы съ такой опредѣленностью ручаться за эту форму малаго кратера, такъ какъ при подавляющей массѣ топографическихъ подробностей, которыя приходилось заносить на карту, легко было бы впасть въ ошибку. Но къ счастью какъ разъ этотъ кратеръ служилъ обоимъ вышеназваннымъ изслѣдованіямъ для ихъ измѣреній такъ называемой постоянной точкой перваго порядка и потому очень часто былъ наблюдаемъ. Наблюденія часто дѣлались въ періодъ, когда кратеръ вблизи свѣтлой границы отбрасывалъ длинныя тѣни; теперь этого уже не бываетъ, и въ соотвѣтственную фазу онъ или вовсе не виденъ или виденъ съ большимъ трудомъ, такъ что избрать его исходной точкой для точныхъ измѣреній уже ни въ какомъ случаѣ нельзя. Какъ всѣ подобные объекты, свѣтлымъ пятномъ онъ кажется только при высокомъ освѣщеніи. Шмидтъ полагаетъ, что въ срединѣ нашего столѣтія здѣсь по всей вѣроятности произошло изверженіе, и отверстіе кратера заполнилось свѣтлымъ веществомъ. Перелившись черезъ края кратера, послѣднее сравняло его наружные склоны, отчего въ настоящее время все это образованіе почти не даетъ никакой тѣни. Такимъ образомъ внѣшнее сходство съ вулканомъ здѣсь какъ будто дополняется еще намекомъ на недавнее изверженіе.

Описанный случай приводитъ насъ къ общему вопросу, представляетъ ли лунная поверхность нѣчто законченное, или же она, подобно земной, подвержена постояннымъ перемѣнамъ. Судя по внѣшнему виду луны, надо признать, что это небесное свѣтило находится въ состояніи полнѣйшей окаменѣлости. Всѣ извѣстныя намъ на лунной картѣ детали, число которыхъ значительно больше, чѣмъ на картѣ земли, остаются, сколько мы

можемъ замѣтить, совершенно неизмѣнными, если не говорить о рѣдкихъ, весьма незначительныхъ явленіяхъ, въ большинствѣ случаевъ сомнительныхъ; изъ нихъ самымъ выдающимся является вышеописанное измѣненіе на Линнеѣ. Приведемъ еще нѣсколько подобныхъ случаевъ. Въ красивомъ циркѣ Посидонія (178), которымъ заканчиваются горы Таунусъ, у сѣверо-западнаго края моря Ясности, почти въ самой срединѣ цирка поднимается маленькій кратеръ, имѣющій при обыкновенныхъ условіяхъ видъ ямы, т. е. отбрасывающій тѣнь въ средину. Эта тѣнь, какъ замѣтилъ Шретеръ, а позднѣе Шмидтъ, въ нѣкоторые періоды исчезала; это можно объяснить только тѣмъ, что внутренность кратера въ это время заполнялась веществомъ. Повидимому, въ этомъ кратерѣ какая-то жидкая масса иногда поднимается, а затѣмъ вновь возвращается къ прежнему уровню.

Другой примѣръ представляетъ новый кратеръ вблизи Гигинуса (158), открытый Германомъ Клейномъ 19 мая 1877 года. Хотя эта область, находящаяся посрединѣ видимаго луннаго диска, сотни разъ была наблюдаема всѣми изслѣдователями луны и очень тщательно заносилась на картѣ, до 1877 года на картахъ нѣтъ и слѣда этого кратера; но начиная съ этого года кратеръ становится легко видимъ при извѣстномъ освѣщеніи, даже въ слабые инструменты. Тоже самое можно сказать и о котловинѣ, наблюдаемой около этого новаго кратера; прежде она не была видима. Наконецъ укажемъ еще, что Вейнекъ обратилъ вниманіе на маленькій кратеръ около Билли и Ганстина (93 и 94), который онъ впервые увидалъ 14 октября 1891 года, и котораго, повидимому, раньше не существовало. Однако, въ виду громадныхъ трудностей, на какія приходится наталкиваться при подобныхъ изслѣдованіяхъ, спеціалисты считаютъ всѣ приведенныя данныя еще недостаточно убѣдительными, чтобы по нимъ можно было судить о дѣйствительныхъ измѣненіяхъ на лунѣ. Въ этомъ отношеніи интересны рисунки (на стр. 89) горной группы Арцахель (96), воспроизведенные съ увеличенныхъ Вейнекомъ фотографій Ликской обсерваторіи. Первая фотографія была снята 15, вторая 27 августа 1888 года. Хотя сразу видно, что на нихъ изображенъ одинъ и тотъ же предметъ (въ другихъ случаяхъ это не всегда можно замѣтить), однако, благодаря иному освѣщенію, почти всѣ детали сильно измѣнены, и сравненіе обоихъ снимковъ могло бы навести на мысль, что въ формѣ поверхности этой области произошли значительныя измѣненія, если бы раньше случалось наблюдать на лунѣ подобныя явленія.

Мы не станемъ здѣсь входить въ дальнѣйшія подробности; укажемъ только на горный хребетъ посрединѣ кольцевой горной группы, который на второмъ снимкѣ значительно короче, чѣмъ на первомъ. Отъ разницы въ освѣщеніи, которая вводитъ наблюдателей въ ошибки, невозможно отдѣлаться, если даже наблюденія надъ одною и тою же областью повторять какъ разъ въ тѣ же возрасты луны, ибо всетаки происходитъ видимое и дѣйствительное колебаніе луннаго шара,—либрація, а также мѣняется положеніе лунной поверхности относительно солнца; вслѣдствіе этого при одной и той же высотѣ солнца получается иное освѣщеніе, зависящее отъ измѣненія положенія луны. Такое смѣщеніе можно очень ясно видѣть на обоихъ только что названныхъ снимкахъ. Хотя они точно оріентированы относительно странъ неба, однако, не трудно замѣтить, что на второмъ снимкѣ вся область нѣсколько сдвинута влѣво. Только очень большой рядъ лунныхъ снимковъ, независимыхъ отъ личнаго истолкованія того или другого наблюдателя, и снятыхъ при различныхъ освѣщеніяхъ, можетъ послѣ многихъ столѣтій дать болѣе вѣрныя свѣдѣнія о томъ, какимъ образомъ силы природы продолжаютъ измѣнять и въ настоящее время видъ лунной поверхности. Здѣсь мы вновь можемъ видѣть, какъ еще молода астрономія, эта старѣйшая изъ наукъ, изслѣдующая области, для которыхъ человѣческій вѣкъ есть одно мгновеніе.

Не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что на лунѣ должны происходить постоянныя измѣненія, если всеобщіе законы природы примѣнимы тамъ такъ же, какъ и на землѣ. Это мы и желаемъ прежде всего извлечь изъ наблюденій надъ небесными явленіями, но мы не должны дѣлать этого предположенія для объясненія фактовъ. Понятно, что при всѣхъ нашихъ дальнѣйшихъ выводахъ относительно явленій, происходящихъ въ небесныхъ пространствахъ, земля, которую мы только-что пробуемъ покинуть, ввѣряясь телескопу, должна служить намъ точкой отправленія и предметомъ для сравненія; поэтому не лишнимъ будетъ замѣтить, что всѣ измѣненія, которыя претерпѣла поверхность нашей планеты въ теченіе того времени, какъ мы имѣемъ возможность изслѣдовать луну, съ луны были бы столь же мало видимы, какъ намъ—измѣненія на лунѣ, и слѣдовательно такъ же легко прошли бы совершенно незамѣченными. Наблюденія надъ топографіей луны такимъ образомъ нисколько не мѣшаютъ признать, что силы природы такъ же энергично могутъ измѣнить видъ лунной поверхности, какъ видъ земной.

Правда, мы скоро убѣдимся, что та стихія, которой въ настоящее время приписываютъ главную роль въ образованіи нашихъ земныхъ горъ и вообще въ преобразованіи земной коры,—именно вода, безъ всякаго сомнѣнія, уже сыграла свою роль въ развитіи луны, если вообще она когда либо принимала въ этомъ процессѣ важное участіе. Дѣйствительность, впрочемъ свидѣтельствуетъ противъ послѣдняго. Мы уже упоминали, что на лунѣ почти совсѣмъ нѣтъ признаковъ существованія рѣчныхъ руслъ или горныхъ долинъ, подобныхъ тѣмъ, которыя вырыты у насъ на землѣ водными потоками. Точно также горныя цѣпи тамъ имѣютъ иное устройство: ихъ вершины не имѣютъ вида уцѣлѣвшихъ, выпиленныхъ зубцовъ, какъ въ нашихъ горахъ, напр., между Рунзеномъ, Тобельбэхеномъ и др. Съ другой стороны внѣшній видъ — а онъ одинъ можетъ предварительно дать намъ аргументы за или противъ извѣстнаго мнѣнія — не противорѣчитъ предположенію, что низменности, которыя мы назвали морями, были когда-то настоящими морями, и отложенія ихъ могли осѣдать горизонтальными слоями только подъ вліяніемъ воды. Въ такомъ случаѣ горныя цѣпи, которыя поднимаются на морскихъ равнинахъ, покрытыхъ иногда безчисленнымъ множествомъ неровностей, были когда-то высокими горными хребтами и затѣмъ были занесены морскимъ иломъ.

Всѣ постоянныя дѣйствія воды у насъ на землѣ стоятъ въ связи съ непрерывнымъ круговоротомъ этой подвижной стихіи, которая направляется изъ морей въ облака, оттуда на поверхность земли и наконецъ въ видѣ рѣчныхъ потоковъ вновь возвращается въ морскіе бассейны. Безъ облаковъ, дающихъ дождь или снѣгъ, совсѣмъ немыслима дѣятельность воды, вырабатывающая горы изъ плоскихъ поверхностныхъ слоевъ. Но на лунѣ нѣтъ облаковъ. Они скрывали бы отъ насъ по временамъ бо̀льшія или меньшія области лунной поверхности, чего на самомъ дѣлѣ не происходитъ. Во всякое время, если только наша атмосфера ясна, лунные ландшафты кажутся намъ ограниченными такими рѣзкими линіями, какихъ мы никогда не могли бы видѣть на земныхъ ландшафтахъ, если бы стали разсматривать ихъ на такомъ же разстояніи. На лунѣ нѣтъ полутѣней, образующихся у насъ, благодаря разсѣянному свѣту нашей атмосферы, благодаря голубому небу, котораго тамъ во всякомъ случаѣ не существуетъ. Зато иногда какъ будто легкій туманный покровъ мимолетно скрываетъ отъ нашихъ взоровъ извѣстныя ограниченныя области лунной поверхности. Нѣкоторые изслѣдователи луны по временамъ не могли различать хорошо извѣстныя имъ детали, тогда какъ трудно различимые предметы, находящіеся вблизи, оставались видимы очень ясно; но спустя нѣкоторое время эти области вновь становились видимы, какъ прежде, тогда

какъ сначала по измѣненію ихъ вида можно было думать, что на поверхности луны происходятъ дѣйствительныя перемѣны.

Очень своеобразныя явленія, относящіяся къ разсматриваемому вопросу, представляетъ большая кольцевая горная группа Платона (20) на сѣверномъ концѣ Альпъ. Тщательными и долгими наблюденіями было установлено, что внутреннее плато этой горной кольцевой цѣпи правильно измѣняетъ свою окраску отъ положенія солнца надъ нею. Сначала, когда солнце только начинаетъ освѣщать внутреннюю поверхность, не происходитъ ничего замѣчательнаго; сѣрая поверхность становится все свѣтлѣе. Но затѣмъ, какъ только солнце достигнетъ высоты болѣе 20°, эта долина, до самаго полнолунія, не свѣтлѣетъ, какъ надо было ожидать, а темнѣетъ; это наблюдается до луннаго полдня. Наконецъ, когда солнце начинаетъ опускаться, она снова свѣтлѣетъ. Нельзя думать, чтобы это явленіе, не наблюдаемое на другихъ мѣстахъ лунной поверхности, было результатомъ какого нибудь оптическаго обмана; но оно найдетъ себѣ объясненіе, если принять, что подъ вліяніемъ солнечной теплоты незначительные остатки влаги, скрытые въ низменности, окруженной валомъ, обращаются въ паръ; образовавшійся при этомъ туманъ разстилается надъ внутренней поверхностью и только отъ полуденныхъ солнечныхъ лучей медленно разсѣивается.

Если это наблюденіе указываетъ, что вода въ жидкомъ или парообразномъ состояніи, находится на лунѣ только въ очень незначительныхъ количествахъ, то это еще не значитъ, что тамъ нѣтъ воды въ твердомъ состояніи, т. е. въ формѣ льда. Въ этомъ отношеніи для земного наблюденія прежде всего очень подозрительнымъ кажется тотъ фактъ, что многія горныя вершины на лунѣ, подобно вершинамъ нашихъ Альпъ, бѣлѣе нижележащихъ окрестностей; даже болѣе: нѣкоторыя изъ нихъ блестятъ такъ сильно, что часто ихъ блескъ преодолѣваетъ глубокій лунный мракъ, когда до нихъ достигаетъ земной свѣтъ и луна кажется намъ освѣщенной пепельнымъ свѣтомъ. Въ телескопъ видны тогда отдѣльныя свѣтлыя точки, большей частью тѣ же самыя, которыя и въ полнолуніе отличаются своимъ сильнымъ блескомъ; такъ, напримѣръ, области Аристарха и Геродота (13 и 14) такъ сильно сіяютъ среди окружающихъ ихъ сумерокъ, что одно время ихъ считали за огненное жерло дѣйствующихъ вулкановъ.

По земнымъ понятіямъ, замѣчаетъ Раніяръ, было бы геологическимъ абсурдомъ предполагать, что горныя вершины на лунѣ состоятъ изъ иного матеріала, чѣмъ остальныя части поверхности, напр., изъ мрамора, если, конечно, исключить ледъ. Не надо, однако, забывать, что причина обледенѣнія нашихъ горъ должна дѣйствовать на лунѣ, гдѣ атмосфера весьма разрѣженная, въ гораздо меньшей степени. Если бы луна совсѣмъ не была окружена атмосферой, то холодъ мірового пространства, лежащій во всякомъ случаѣ ниже — 100° Цельзія, проникъ бы во всѣ части лунной поверхности, безъ всякаго различія въ ихъ высотѣ. Если же на лунѣ есть ледъ, то должна, по крайней мѣрѣ по временамъ, существовать и атмосфера изъ водяного пара, который образовался бы изо льда подъ вліяніемъ интенсивнаго дѣйствія солнечныхъ лучей. Водяной паръ способенъ былъ бы тогда образовать оболочку, существованіе которой можетъ объяснить намъ пониженіе температуры съ высотою. Точно также тотъ фактъ, что не только горныя вершины, но и глубокія дна кратеровъ обыкновенно блестятъ необычайно яркимъ свѣтомъ, могъ бы указать на присутствіе льда. Если вообще на лунѣ когда нибудь существовало жидкое вещество, то оно должно было собраться въ наиболѣе глубокихъ областяхъ ея поверхности. Когда позднѣе оно обращалось въ ледъ, то этотъ процессъ, — не говоря о предохраняющемъ дѣйствіи воздушной оболочки, если только она существуетъ,—долженъ былъ начаться прежде всего въ этихъ глубокихъ мѣстахъ, гдѣ грѣющее дѣйствіе сол-

нечныхъ лучей наименьшее, вслѣдствіе затѣненія этихъ мѣстъ кольцевыми валами въ теченіе большей части луннаго дня.

Вопросъ о существованіи льда на лунѣ, быть можетъ, разрѣшится когда нибудь, благодаря изученію лучистой теплоты этого близкаго намъ міроваго тѣла. По народному воззрѣнію, луна излучаетъ отъ себя холодъ. Крестьянинъ вѣритъ, что, если лунный свѣтъ въ ясную майскую ночь упадетъ на молодое зерно его посѣва, то послѣднее замерзнетъ. Въ этомъ есть доля правды, но, конечно, замерзаніе зерна не имѣетъ связи съ испусканіемъ холода луною. Въ самомъ дѣлѣ, было бы непонятно, если бы луна, отдающая намъ такъ много солнечнаго свѣта, получаемаго ею, поглощала получаемую вмѣстѣ со свѣтомъ солнечную теплоту. Въ дѣйствительности луна посылаетъ намъ часть полученной ею солнечной теплоты, представляющую, правда, очень незначительное количество, которое можетъ быть обнаружено только самыми тончайшими приборами нашей современной физики. Когда въ прошломъ столѣтіи Чирнгаузенъ направилъ на луну сильное зеркало, то термометръ, помѣщенный въ фокусѣ зеркала, не обнаружилъ никакого измѣненія, не смотря на то, что солнечными лучами съ этимъ зеркаломъ изслѣдователь въ 12 минутъ сплавлялъ въ стекло кусокъ асбеста. Позднѣе этотъ опытъ повторилъ Піацци Смитъ съ болѣе тонкими инструментами; чтобы по возможности избѣжать поглощенія теплоты земной атмосферой, онъ произвелъ опытъ на вершинѣ Тенерифскаго пика и нашелъ, что луна посылаетъ къ намъ въ три раза меньше тепла, чѣмъ свѣча, удаленная на разстояніи 5 м.

Но съ тѣхъ поръ, какъ съ изобрѣтеніемъ болометра явилась возможность обнаруживать самыя незначительныя количества теплоты, превращая ее въ электричество, въ недавнее время удалось доказать, что изъ теплоты, которую теоретически къ намъ должна была бы посылать луна, и которая могла бы повысить температуру приблизительно на 5000-ную часть стоградусной шкалы, до насъ доходитъ только малая доля, почти 12 процентовъ, остальная часть поглащается луной, и расходуется ея поверхностью, которая излучаетъ ее вновь только позже. Это удалось доказать благодаря извѣстнымъ свойствамъ тепловыхъ волнъ, которыя въ физическомъ отношеніи подобны свѣтовымъ волнамъ, описаннымъ ранѣе. Какъ и свѣтъ, отраженная теплота дѣйствуетъ иначе, чѣмъ непосредственно испускаемая. Поглощенная теплота, правда, также испускается предметомъ, но позднѣе, чѣмъ немедленно отражаемая. Это можно наблюдать при помощи болометра, который показываетъ быстрое повышеніе лунной температуры въ восточныхъ областяхъ ея поверхности, откуда къ намъ достигаетъ только одна солнечная теплота, все болѣе и болѣе усиливающаяся. Но послѣ полудня поверхность луны насыщается теплотой; пріобрѣтенная ею такимъ образомъ собственная теплота, которую она опять отдаетъ холодному міровому пространству, замѣняетъ значительную часть ослабѣвающихъ тепловыхъ лучей заходящаго солнца.

Общее количество лунной теплоты въ первую четверть гораздо быстрѣе увеличивается, чѣмъ въ послѣднюю уменьшается. Это было доказано вполнѣ согласно двумя изслѣдователями: Беддикеромъ, при помощи громаднаго зеркала лорда Росса, и затѣмъ американцемъ Франкомъ Вери, работавшимъ съ болометромъ. Оказалось также, что луна, погружаясь во время затменія въ земную тѣнь, не теряетъ вмѣстѣ съ свѣтовыми и тепловыхъ лучей, но выдѣляетъ еще нѣкоторое время собственную теплоту. Подобное всасываніе солнечной теплоты лунной поверхностью не покажется намъ страннымъ, если мы примемъ въ разсчетъ, что палящіе солнечные лучи, не ослабляясь замѣтною газовой оболочкой, 14 дней безъ перерыва грѣютъ одно и то же мѣсто на лунной поверхности. Въ этомъ фактѣ мы можемъ убѣдиться однимъ наблюденіемъ надъ луною, не разсматривая ея положенія относительно земли и солнца, а также движенія ея вокругъ названныхъ тѣлъ; послѣднихъ вопро-

совъ мы и не станемъ здѣсь касаться. Наблюденіе, дѣйствительно, подтверждаетъ, что каждая точка на лунѣ въ теченіе 14 дней освѣщается солнцемъ, а другія 14 дней погружена во мракъ.

Изъ описанныхъ наблюденій явствуетъ, что такое продолжительное нагрѣваніе должно повышать температуру каждой точки лунной поверхности не менѣе, чѣмъ на 200—300 градусовъ. Слѣдовательно, если лунная поверхность въ теченіе 14-дневной ночи, дѣйствительно, охлаждается до температуры мірового пространства, т. е. приблизительно до —100^0 и отдаетъ сполна всю полученную ранѣе теплоту, то въ слѣдующій за нею лунный день, длящійся полмѣсяца, температура должна вновь подняться по крайней мѣрѣ до температуры кипѣнія воды. Конечно, трудно сказать, что происходитъ съ водою при такихъ колоссальныхъ колебаніяхъ температуры, не имѣющихъ ничего подобнаго себѣ у насъ на землѣ, и къ тому же въ отсутствіи сколько-нибудь замѣтной атмосферы. Если только яркій блескъ горныхъ вершинъ на лунѣ, дѣйствительно, зависитъ отъ присутствія льда, то непонятно, какимъ образомъ этотъ ледъ можетъ выдерживать сильный жаръ долгаго луннаго дня. Въ низкихъ мѣстахъ при каждой смѣнѣ дня, конечно, можетъ правильно совершаться переходъ воды во всѣ три состоянія, и мы этихъ переходовъ можемъ вовсе не замѣтить, если ея количество не значительно. Ибо при отсутствіи воздуха, вода при благопріятныхъ условіяхъ будетъ переходить въ состояніе прозрачнаго газа безъ образованія тумана, и этотъ газъ останется для насъ незамѣтнымъ, если масса его не настолько велика, чтобы измѣнить лучепреломленіе.

Итакъ, въ концѣ концовъ на вопросъ, имѣется ли на лунѣ вода въ какой либо формѣ, мы можемъ дать слѣдующій отвѣтъ. Безусловныхъ доказательствъ, подтверждающихъ присутствіе воды на лунѣ, нѣтъ, но несомнѣнно, что въ жидкомъ и газообразномъ состояніи вода можетъ находиться тамъ только въ очень незначительныхъ количествахъ. Если къ тому же принять въ разсчетъ интенсивное дѣйствіе солнечныхъ тепловыхъ лучей, то можно сказать навѣрное, что и ледъ находится тамъ только въ незначительныхъ количествахъ, такъ какъ при нагрѣваніи онъ долженъ переходить въ другія аггрегатныя состоянія, и если бы льда на лунѣ было много, этотъ переходъ сейчасъ же сталъ бы для насъ замѣтенъ.

На землѣ съ присутствіемъ воды связанъ еще цѣлый рядъ явленій, которыя съ луны можно бы легко различить. Мы говоримъ о растительныхъ и животныхъ процессахъ; присутствія этихъ явленій на лунѣ наблюденія также не обнаруживаютъ. Смѣна листвы нашихъ лѣсовъ, измѣненіе въ ихъ протяженіи, зелень луговъ и ея увяданіе, передвиженіе большихъ стадъ и масса другихъ перемѣнъ, вызываются на землѣ живой природой, существованіе которой связано съ присутствіемъ воды. Эти явленія могутъ въ короткое время совершенно измѣнить внѣшній видъ болѣе или менѣе значительныхъ областей. Но на лунѣ не видно ничего подобнаго, если не говорить объ очень слабой зеленоватой окраскѣ, которую будто-бы замѣчали нѣкоторые наблюдатели, вскорѣ послѣ солнечнаго восхода, надъ нѣкоторыми областями, и которая скоро снова исчезала, подобно вышеописанному легкому туману. Такъ какъ на основаніи сказаннаго нельзя отрицать присутствія на лунѣ небольшого количества воздуха и воды, то возможно предположить, что эта окраска зависитъ отъ слабо развитой растительности; но во всякомъ случаѣ этой окраскѣ большого значенія придавать нельзя, такъ какъ очень можетъ быть, что она является результатомъ ошибокъ наблюденій.

Послѣднимъ, самымъ величественнымъ выраженіемъ животной жизни на землѣ является разумное существо, человѣкъ съ трудами его рукъ, часто громадными по размѣрамъ и надолго переживающими его самого. Многія изъ произведеній рукъ человѣка—воздѣланныя поля, города, вы-

сокія архитектурныя произведенія—при помощи нашихъ оптическихъ инструментовъ не трудно было бы въ большинствѣ случаевъ обнаружить на лунѣ, какъ признаки духовной дѣятельности. Такіе города, какъ С.-Петербургъ, Лондонъ, Берлинъ и другіе, очень ясно были бы замѣтны въ видѣ темныхъ пятенъ на свѣтлой окрестной песчаной равнинѣ; поперечники этихъ пятенъ равнялись бы по меньшей мѣрѣ 5 дуговымъ секундамъ; Уранъ и Нептунъ, самыя дальнія планеты нашей системы, которыя очень легко различаются въ видѣ дисковъ въ телескопъ средней силы, имѣютъ меньшій поперечникъ. Но на лунѣ нѣтъ и намека на подобныя явленія, хотя наши предшественники искали ихъ очень усердно. Правда, отличавшійся горячей фантазіей Груйтуйзенъ, который въ началѣ нынѣшняго столѣтія очень тщательно изслѣдовалъ луну, съ цѣлью найти на ней слѣды жизни, принималъ какія то образованія на лунѣ за сильныя укрѣпленія, большія дороги или каналы и т. п.; но позднѣе было доказано, что всѣ эти предметы—произведенія природы: луна оказывается совершенно мертвымъ, вымершимъ міромъ; по земнымъ понятіямъ иначе не можетъ и быть, такъ какъ на лунѣ нѣтъ двухъ необходимѣйшихъ условій жизни, воздуха и воды, или—если они и существуютъ, то во всякомъ случаѣ въ такомъ скудномъ количествѣ, которое достаточно только для простѣйшихъ формъ жизни.

Но зато на самой лунѣ, какъ въ зеркалѣ, мы можемъ видѣть, какой измѣнчивой и оживленной должна казаться наша земля какому нибудь внѣземному наблюдателю. Мы уже раньше говорили о пепельномъ свѣтѣ, который посылаетъ къ намъ не освѣщенная солнцемъ часть нашего спутника, въ періоды малыхъ фазъ. Такъ какъ луна стоитъ въ это время въ той же сторонѣ, какъ и солнце, то наблюдателю на лунной поверхности земля, стоящая противъ солнца, должна казаться вполнѣ освѣщенной. Земля посылаетъ тогда часть полученнаго отъ солнца свѣта къ темной сторонѣ луны, совершенно такъ же, какъ луна освѣщаетъ наши ночи, когда находится въ подобномъ же положеніи относительно насъ, т. е. когда стоитъ противъ солнца. Пепельный свѣтъ мѣняетъ яркость и окраску, смотря по характеру земныхъ ландшафтовъ, которые въ данное время находятся противъ луны. Различаются правильныя и случайныя измѣненія пепельнаго свѣта. Освѣщеніе луны землею бываетъ всегда слабѣе, когда противъ луны находятся наши большія морскія поверхности, и наоборотъ ярче, когда къ темной сторонѣ луны обращены свѣтлыя области нашей суши, напр., африканскія и азіятскія пустыни, или сибирскія снѣжныя равнины. Послѣдній случай бываетъ въ новолуніе осенью въ утренніе часы; въ это время пепельный свѣтъ для насъ особенно замѣтенъ. Напротивъ весною въ вечерніе часы къ лунѣ обращены главнымъ образомъ темныя пространства суши; въ это время рѣже можно различать неосвѣщенную часть луны рядомъ съ узкимъ серпомъ.

Наряду съ случайными, необычными колебаніями въ яркости земного освѣщенія ясно были подмѣчены также измѣненія его оттѣнковъ. Часто обычный сѣрый тонъ имѣлъ голубоватый оттѣнокъ, иногда наоборотъ желтоватый, и изрѣдка темная часть луннаго диска почти напоминала луну во время затменія, какой напр., она изображена на рисункѣ „Частное лунное затменіе“ во второй половинѣ нашей книги. Въ это время земля бываетъ обращена къ своему спутнику темной стороной, солнце же находится какъ разъ позади земли и посылаетъ свои лучи къ лунѣ черезъ земную атмосферу, окрашенную въ красный цвѣтъ, отъ утренней или вечерней зари. Это дымчато-красноватое освѣщеніе луны при каждомъ затменіи бываетъ также различной силы, въ зависимости отъ состоянія атмосферы, которая, какъ извѣстно, сильно разнообразитъ явленіе сумерекъ.

Болѣе глубокое знакомство съ своеобразной природой луны мы отло-

жимъ до того времени, когда ближе изучимъ взаимныя отношенія небесныхъ міровъ. Ибо только въ связи съ этими необычайно сложными взаимными отношеніями мы можемъ правильно понять форму, жизнь и назначеніе отдѣльно взятаго міра; взятый самъ по себѣ, онъ будетъ также мало понятенъ намъ, какъ какое либо отдѣльно взятое живое существо у насъ на землѣ. Всѣ взаимодѣйствія, которыхъ не можетъ открыть одно наблюденіе даже при помощи телескопа, и которыя основаны на измѣненіи взаимнаго положенія міровыхъ тѣлъ, особенно дѣйствія взаимнаго тяготѣнія, мы разсмотримъ во второй половинѣ нашей книги. Здѣсь же ограничимся только общей картиной мірового цѣлаго, которую можно получить при первоначальномъ наблюденіи, и которую можно разсматривать, какъ первое приближеніе, выражаясь языкомъ математики.

---

2. Меркурій.

Если мы станемъ искать на небесномъ сводѣ одну изъ свѣтлыхъ точекъ, которыя, подобно лунѣ, свѣтятъ отраженнымъ солнечнымъ свѣтомъ, то вполнѣ будетъ зависѣть отъ случая, на какую планету мы впервые натолкнемся. Но для того, чтобы внести порядокъ въ наше изложеніе, мы станемъ знакомиться съ этими родственными землѣ свѣтилами въ той послѣдовательности, въ какой они распредѣляются по ихъ разстоянію отъ солнца. При этомъ мы не будемъ пока разбирать основаній, на которыхъ опирается опредѣленіе этихъ разстояній.

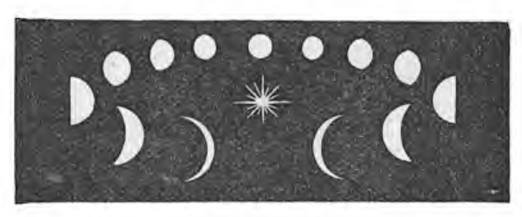
Прежде всего обратимся къ Меркурію; при случайномъ выборѣ, на эту планету мы, по всей вѣроятности, натолкнулись бы послѣ всего, такъ какъ она постоянно скрывается въ солнечныхъ лучахъ, и даже не много найдется спеціалистовъ астрономовъ, которые могутъ похвалиться, что видѣли ее когда нибудь просто глазомъ. Между тѣмъ она даетъ такую же массу свѣта, какъ иная яркая, даже пожалуй самая яркая звѣзда нашего ночного неба. Разсказываютъ, хотя и не вполнѣ достовѣрно, будто Коперникъ, умирая, жаловался, что никогда не видѣлъ Меркурія.

Подобно остальнымъ планетамъ, Меркурій послѣдовательно измѣняетъ свое положеніе относительно звѣздъ и солнца. Внимательное наблюденіе надъ нимъ показало, что приблизительно черезъ каждые 116 дней онъ возвращается въ прежнее положеніе относительно солнца, слѣдовательно и относительно нашего горизонта. Этотъ промежутокъ времени, какъ и для луны, называютъ синодическимъ временемъ обращенія. Слѣдовательно, если мы увидѣли Меркурій, то мы можемъ разсчитывать, что 116 дней спустя встрѣтимъ его опять въ томъ же самомъ направленіи. Онъ появляется въ теченіе недѣли на западной сторонѣ горизонта, приблизительно черезъ полчаса послѣ заката солнца, и черезъ полчаса послѣ появленія скрывается. Онъ находится тогда въ восточной элонгаціи, т. е. въ наиболѣе удаленной къ востоку отъ солнца части своей орбиты. Это уклоненіе колеблется между 18—27 градусами. Такимъ образомъ каждые 116 дней Меркурій виденъ просто глазомъ 8—10 дней, въ теченіе получаса, т. е. всего около 15 часовъ въ годъ. Для того, чтобы поймать эту самую неуловимую изъ всѣхъ планетъ, которую старые астрономы сравнивали со ртутью, надо въ указанные выше рѣдкіе періоды, имѣть въ распоряженіи совершенно открытый видъ на западъ, и небо въ этой сторонѣ должно быть безоблачное. Но зато, если въ одинъ изъ такихъ періодовъ намъ удастся увидѣть эту планету, мы можемъ любоваться, съ какою яркостью она сверкаетъ среди красноватыхъ сумерекъ, сгущающихся на горизонтѣ. Кто не знаетъ точно положенія остальныхъ яркихъ планетъ, тотъ

можетъ принять въ это время Меркурій за другую планету, не подозрѣвая, какимъ рѣдкимъ явленіемъ онъ можетъ любоваться,

Между двумя восточными элонгаціями всегда лежитъ одна западная; во время ея, планета принимаетъ столь же благопріятное положеніе относительно горизонта и становится видима просто глазомъ. Но въ этомъ положеніи она предшествуетъ солнцу въ его ежедневномъ пути; поэтому она заходитъ раньше солнца и не можетъ быть видима вечеромъ. Въ этотъ періодъ она видна только передъ восходомъ солнца.

Астрономъ, вооруженный телескопомъ, въ этомъ отношеніи счастливѣе, онъ можетъ видѣть звѣзды даже днемъ. Надъ Меркуріемъ иначе нельзя было бы производить сколько нибудь успѣшныхъ наблюденій, такъ какъ въ то время, когда его можно видѣть просто глазомъ, онъ находится, какъ мы уже видѣли, очень близко къ горизонту; его свѣтъ долженъ пройти слишкомъ большой путь сквозь неспокойную атмосферу, и потому при обыкновенныхъ условіяхъ нельзя было бы получить хорошаго изображенія планеты. Въ телескопъ мы видѣли бы тогда только пятно свѣта, постоянно безпокойно искривляющееся во всѣхъ направленіяхъ, подобно колеблющемуся пламени. Невозможно было бы представить, что передъ нами неизмѣнное небесное свѣтило, совершающее по міровому пространству столь же строго опредѣленный путь, какъ и наша собственная планета—земля.



Фазы и измѣненія относительной величины Меркурія.

Механическія приспособленія телескопа позволяютъ находить на голубомъ дневномъ небѣ всѣ болѣе яркія міровыя тѣла, положеніе которыхъ относительно опредѣленныхъ неподвижныхъ точекъ извѣстно. Поэтому Меркурій, находящійся всегда вблизи солнца, можно наблюдать во всѣхъ положеніяхъ надъ горизонтомъ, какихъ достигаетъ солнце для соотвѣтствующей географической широты. Но наблюденія надъ Меркуріемъ встрѣчаютъ болѣе затрудненій, чѣмъ наблюденія надъ всѣми остальными большими планетами, такъ какъ въ направленіи къ солнцу воздухъ отъ неравномѣрнаго нагрѣванія всегда дрожитъ болѣе или менѣе сильно, и очень рѣдко можно получить въ телескопѣ спокойное, ясное изображеніе планеты.

Не смотря на то, сразу можно узнать что Меркурій имѣетъ **фазы**, которыя мѣняются, подобно луннымъ фазамъ въ зависимости отъ положенія планеты относительно солнца. Но одновременно съ этимъ мѣняется очень значительно и видимая **величина** планеты. Прилагаемый рисунокъ наглядно поясняетъ то, что даютъ наблюденія. Исчезнувъ на нѣсколько дней въ солнечныхъ лучахъ даже для лучшихъ телескоповъ, Меркурій появляется затѣмъ къ западу отъ солнца въ видѣ весьма узкаго большого серпа, обращеннаго къ солнцу выпуклой стороной, подобно лунѣ въ соотвѣтственномъ положеніи: передъ нами прибывающая фаза. По мѣрѣ роста фазы, поперечникъ планеты между рогами серпа все уменьшается. Это уменьшеніе продолжается и послѣ **первой четверти Меркурія**; начиная съ этой фазы, разстояніе его отъ солнца опять становится меньше. Планета дѣлается все ярче, и постепенно снова почти исчезаетъ въ солнечныхъ лучахъ; въ это время виденъ ея полный дискъ, но поперечникъ ея уменьшается болѣе, чѣмъ вдвое, сравнительно съ тѣмъ, какимъ онъ былъ при предыдущемъ приближеніи къ солнцу. Какъ мы уже знаемъ, обыкновенно видимый поперечникъ свѣтилъ измѣряютъ въ дугахъ: это такая же условная мѣра, какъ и всѣ другія. Можно сказать такъ: появляясь въ видѣ вполнѣ узкаго серпа, Меркурій имѣетъ величину въ 12″ и уменьшается до 5″, когда достигаетъ полнаго освѣщенія; но то же самое съ одинако-

вымъ правомъ можно сказать иначе: въ первомъ случаѣ Меркурій кажется наблюдателю такой же величины, какъ кружокъ поперечникомъ въ 1 см. на разстояніи 410 м., въ другомъ случаѣ, какъ тотъ же кружокъ на разстояніи 170 м.

Даже для самаго пристрастнаго наблюдателя, слѣдящаго за смѣной фазъ и измѣненіемъ величины этой планеты, которыя постоянно повторяются всегда въ точности въ однихъ и тѣхъ же положеніяхъ относительно солнца, не можетъ быть никакого сомнѣнія, что эти явленія можетъ дать только темное тѣло, которое движется вокругъ солнца и освѣщается его лучами. Если бы въ рукахъ александрійскихъ ученыхъ былъ какой нибудь хотя несовершенный телескопъ, то никогда не возникла бы птоломеева система міра, согласно которой всѣ планеты якобы вращаются вокругъ земли: самое большое возможно было бы еще возникновеніе системы Тихо де Браге; по этой послѣдней всѣ планеты движутся вокругъ солнца, но солнце со всей свитой планетъ, вращается вокругъ земли. Взаимное положеніе солнца, земли и Меркурія особенно рѣзко бросается въ глаза, когда Меркурій находится между двумя первыми свѣтилами, такъ что мы можемъ видѣть, какъ онъ проходитъ передъ солнечнымъ дискомъ: это явленіе и называется прохожденіемъ Меркурія (см. глава 7 во второй части). Подобное явленіе наблюдалось въ послѣдній разъ 10 ноября 1894 года и повторится 4 ноября 1901 года. При этомъ на солнцѣ появляется совершенно черный дискъ поперечникомъ въ 12″. Никогда не видѣли подобнаго чернаго пятна на поверхности солнца въ томъ случаѣ, если дискъ планеты былъ вполнѣ освѣщенъ и двигался по направленію къ солнцу; при этомъ освѣщеніи Меркурій всегда проходитъ позади солнца: въ первомъ случаѣ онъ ближе къ намъ, чѣмъ солнце, въ послѣднемъ — дальше.

Пользуясь выше приведенными данными, которыя относятся къ измѣненію видимой величины планеты, мы можемъ приблизительно узнать дѣйствительныя разстоянія трехъ названныхъ небесныхъ тѣлъ. Будемъ исходить изъ предположенія, которое мы разсмотримъ впослѣдствіи, что земля и Меркурій вращаются вокругъ солнца по орбитамъ, мало отличающимся отъ круговъ, и назовемъ разстояніе земли отъ солнца r, разстояніе Меркурія отъ солнца d; тогда въ нижнемъ соединеніи, т. е. при прохожденіи Меркурія между землей и солнцемъ, разстояніе планеты отъ насъ будетъ равно $r-d$, а въ верхнемъ соединеніи, т. е. когда планета находится за солнцемъ, равно $r+d$. Если мы хотимъ знать только отношеніе, то для простоты вычисленія можно воспользоваться данными выше числами, 410 м. и 170 м., обозначающими разстоянія, на которыхъ любое тѣло поперечникомъ въ 1 см. имѣетъ такую же видимую величину какъ Меркурій въ обоихъ крайнихъ положеніяхъ относительно насъ. Мы найдемъ, $d=\frac{410-170}{410+170}=0,4$. Итакъ, на основаніи измѣненія величины Меркурія, мы вычислили, что разстояніе этой планеты отъ солнца равно $^2/_5$ разстоянія земли отъ солнца. Зная кромѣ того, что послѣднее равно 20 милліонамъ миль, мы найдемъ, что разстояніе Меркурія отъ солнца равно 8 милліонамъ миль. Удовольствуемся пока этими приблизительными числами: ими мы можемъ воспользоваться для выводовъ, касающихся физической природы того или другого члена нашей планетной системы. Изъ этихъ чиселъ мы можемъ также легко узнать настоящую величину Меркурія. Мы знаемъ, что видимая величина планеты въ ея нижнемъ соединеніи равна видимой величинѣ кружка поперечникомъ въ одинъ сантиметръ, удаленнаго на разстояніе 170 м. Далѣе мы нашли, что отъ насъ Меркурій удаленъ на разстояніе 20 — 8 = 12 милліоновъ миль. Если мы превратимъ послѣднюю величину въ метры и раздѣлимъ ее на 170, то получимъ число, показывающее, во сколько разъ дѣй-

ствительное разстояніе Меркурія больше принятаго въ приведенномъ примѣрѣ, и кромѣ того, конечно, показывающее, во сколько разъ размѣры этого небеснаго тѣла больше діаметра кружечка въ одинъ сантиметръ. Въ результатѣ мы получимъ круглымъ числомъ 5000 км. Болѣе точныя опредѣленія дали для поперечника Меркурія величину въ 4800 км. Такъ какъ поперечникъ земли равенъ 12,700 км., то слѣдовательно ближайшая къ солнцу планета немного больше $^1/_3$ нашей земли. Поверхность Меркурія почти въ семь разъ меньше поверхности земли, такъ что Европа, Азія и Африка, взятыя вмѣстѣ, не могли бы вполнѣ помѣститься на Меркуріи. По размѣрамъ Меркурій почти равенъ лунѣ.

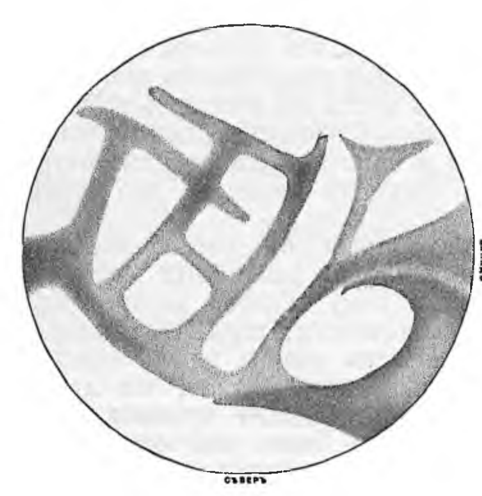
Понятно, что немного деталей можно открыть на маленькомъ дискѣ Меркурія, который даже при самомъ благопріятномъ положеніи, въ телескопъ съ увеличеніемъ въ 300 разъ, кажется не больше пятипфенниговой монеты, помѣщенной на разстояніи 1 м. Наблюденіе затрудняется еще тѣмъ, что, въ ближайшемъ къ намъ положеніи, планета бываетъ обращена къ намъ своей темной стороной, на которой совершенно ничего нельзя видѣть. Когда же къ намъ обращена освѣщенная сторона Меркурія, эта планета находится такъ близко къ солнцу, что свѣтъ его совершенно уничтожаетъ всѣ тонкіе свѣтовые оттѣнки, на основаніи которыхъ мы могли бы составить себѣ нѣкоторое понятіе объ устройствѣ этого міра, столь близкаго къ центральному свѣтилу. Свѣтовыя депеши доходятъ оттуда до нашихъ оптическихъ инструментовъ въ крайне неразборчивомъ видѣ. Вотъ то немногое, что можно было прочесть въ нихъ.

Почти всѣ прежнія наблюденія, сдѣланныя съ несовершенными телескопами, надо вычеркнуть: ими открыты были различныя странныя явленія на Меркуріи, напр., прилегающее къ нему кольцо, которое принималось за атмосферу, зубчатость южной конечности; послѣднее явленіе приписывали высокимъ горамъ, которыя имѣютъ яко-бы вдвое большую высоту, чѣмъ наши высочайшіе горные исполины. Ни то, ни другое явленіе не наблюдается въ лучшіе телескопы новѣйшаго времени. Скіапарелли, имя котораго мы часто будемъ называть, какъ имя одного изъ отличнѣйшихъ наблюдателей, установилъ, что южныя части планеты отбрасываютъ менѣе солнечнаго свѣта, чѣмъ сѣверныя, поэтому, конечно, узкую южную конечность серпа въ слабые телескопы можно совершенно не различить.

По сравненію съ другими планетами, Меркурій отражаетъ мало свѣта; доходящіе до него солнечные лучи онъ поглощаетъ почти въ такой же степени, какъ и луна. Отсюда Цёльнеръ съ нѣкоторой вѣроятностью заключаетъ, что эта планета подобно лунѣ не окружена атмосферой, потому что ея облака во всякомъ случаѣ должны были бы отбрасывать болѣе свѣта, чѣмъ даетъ наблюденіе. Но вопросъ объ атмосферѣ Меркурія еще не рѣшенъ окончательно. Спектроскопъ также не даетъ на этотъ вопросъ яснаго отвѣта. Спектръ Меркурія содержитъ только двѣнадцать фраунгоферовыхъ линій, достаточно отчетливыхъ, чтобы можно было точно ихъ измѣрить; эти линіи вполнѣ совпадаютъ съ соотвѣтственными линіями солнечнаго спектра. Такъ называемыя теллурическія линіи или полосы, появляющіяся отъ измѣненія солнечнаго свѣта въ нашей атмосферѣ, также видны въ этомъ спектрѣ. Эти полосы наблюдаются, конечно, въ спектрахъ всѣхъ небесныхъ тѣлъ, такъ какъ ихъ свѣтъ, прежде чѣмъ достигнуть спектроскопа, долженъ пройти черезъ нашу атмосферу. Понятно, что лучи должны пройти черезъ атмосферу тѣмъ меньшій путь, чѣмъ выше надъ горизонтомъ находится наблюдаемое небесное тѣло; поэтому теллурическія или атмосферическія линіи выступаютъ сильнѣе у горизонта, тогда какъ въ зенитѣ при обыкновенныхъ условіяхъ онѣ совершенно не видны. Но спектръ Меркурія можно наблюдать только на такихъ высотахъ,

на которыхъ всегда имѣются теллурическія линіи. Будь на Меркуріи атмосфера, имѣющая приблизительно одинаковый химическій составъ съ нашей, въ такомъ случаѣ теллурическія линіи должны быть темнѣе, когда спектроскопъ направленъ на Меркурій, и слабѣе, когда спектроскопъ направленъ на луну, находящуюся на одинаковой же высотѣ. Слабый намекъ на подобное усиленіе оттѣнка какъ будто наблюдается въ дѣйствительности. При помощи спектроскопа съ вѣроятностью можно установить только одно, что, если Меркурій и имѣетъ замѣтную атмосферу, то составъ ея не можетъ существенно отличаться отъ состава нашей атмосферы, такъ какъ иначе въ спектрѣ Меркурія должны бы были появиться новыя полосы поглощенія.

Уже сто лѣтъ тому назадъ Шрётеръ, а за нимъ и другіе наблюдатели замѣтили на Меркуріи пятна и полосы, которыя, повидимому, не мѣняютъ взаимнаго положенія и по всей вѣроятности принадлежатъ поверхности планеты. На прилагаемомъ рисункѣ эти подробности переданы такими, какими ихъ мало-по-малу подсмотрѣлъ опытный глазъ Скіапарелли. Карта издана въ 1890 году. Само собой разумѣется, на рисункѣ всѣ свѣтовые оттѣнки сильно преувеличены, какъ это приходится дѣлать въ большинствѣ астрономическихъ рисунковъ. Если бы на рисункѣ изображать свѣтовые оттѣнки такими же, какими они кажутся на самомъ дѣлѣ, то непривычный глазъ читателя ничего или почти ничего не могъ бы разобрать, какъ это обыкновенно бываетъ при наблюденіи въ телескопъ.



Меркурій по рис. Скіапарелли въ Миланѣ.

Было бы слишкомъ поспѣшно дѣлать какія либо заключенія объ устройствѣ планеты по этимъ немногимъ расплывающимся линіямъ. Только два вопроса можно было бы выяснить съ нѣкоторой вѣроятностью, если терпѣливо и долго наблюдать эти неясныя детали: это—вопросъ объ атмосферѣ планеты и вопросъ о скорости вращенія планеты, если она, подобно землѣ, вращается вокругъ своей оси. Если пятна видны всегда, то атмосфера въ нашемъ смыслѣ не можетъ существовать, такъ какъ иначе облака должны иногда скрывать отъ насъ постоянныя образованія на поверхности планеты. Но къ сожалѣнію, вслѣдствіе того, что пятна эти вообще видны неясно, нельзя сказать ничего опредѣленнаго объ ихъ постоянствѣ; во всякомъ случаѣ ни одинъ фактъ не говоритъ противъ него. Такимъ образомъ, вѣроятность того, что на Меркуріи нѣтъ атмосферы, еще увеличивается.

Если въ этомъ отношеніи Меркурій подобенъ нашей лунѣ, то сходство еще болѣе увеличивается, благодаря другой очень интересной особенности, касающейся его вращенія вокругъ оси. Уже прежніе наблюдатели замѣчали, что пятна на Меркуріи появляются каждый день всегда въ одномъ и томъ же положеніи относительно края диска, или соотвѣтственной фазы. Припомнимъ, что наблюденія надъ Меркуріемъ въ прежнее время должны были производиться съ слабыми телескопами, которые не давали отчетливыхъ изображеній, кромѣ того они производились въ періодъ видимости Меркурія, почти всегда въ одно и тоже время дня, именно въ сумерки. Ибо днемъ всѣ его детали тонутъ въ солнечномъ свѣтѣ, а по мѣрѣ того какъ исчезаетъ это мѣшающее обстоятельство, усиливается другое, происходящее отъ слишкомъ большой близости свѣтила къ горизонту. Между обоими

этими періодами, лежитъ короткій промежутокъ, которымъ можно пользоваться съ нѣкоторой надеждой на успѣхъ. Такъ какъ въ эти промежутки пятна Меркурія представляютъ всегда одинъ и тотъ же видъ, то безъ всякой предвзятой мысли, можно было дать двоякое объясненіе этимъ фактамъ, подтвержденнымъ и позднѣйшими наблюденіями. Первое объясненіе то, что Меркурій движется приблизительно съ такой же скоростью вокругъ оси, какъ земля; тогда очевидно, черезъ каждые двадцать четыре часа положеніе обоихъ небесныхъ тѣлъ относительно другъ друга будетъ всегда то же самое. Во-вторыхъ возможно, что Меркурій за истекшій промежутокъ времени вовсе не вращался. Съ точки зрѣнія теоріи познанія въ высшей степени интересенъ тотъ фактъ, что до послѣдняго времени никому не приходила въ голову мысль о возможности второго объясненія, но существовало общее убѣжденіе, что вращеніе Меркурія вокругъ оси, и, слѣдовательно, продолжительность его дня, довольно точно согласуется съ вращеніемъ земли. Это убѣжденіе подтверждалось еще тѣмъ фактомъ, что другія планеты обращаются вокругъ своей оси въ такіе же, а иногда въ еще болѣе короткіе промежутки времени. Только Скіапарелли удалось точно изслѣдовать полосы Меркурія въ теченіе одного и того же періода его видимости въ различное время дня, причемъ онъ открылъ поразительный фактъ, что планета всегда представляетъ одну и ту же картину: слѣдовательно она не движется. Сопоставленіе всѣхъ наблюденій надъ Меркуріемъ привело окончательно къ тому заключенію, подтвержденному въ послѣднее время еще Лауелемъ, что Меркурій обращенъ къ солнцу всегда одной стороной, совершенно такъ же, какъ луна къ землѣ. Для насъ, обитателей земли, остается невидимой одна половина луны, зато другіе наблюдатели во вселенной могутъ видѣть постепенно всю поверхность нашего спутника. Но та половина Меркурія, которая обращена въ сторону, противоположную солнцу, должна остаться вѣчно невидимой для всѣхъ точекъ наблюденія, потому что она всегда окутана мракомъ.

Описаніе этого своеобразнаго міра, одна половина котораго постоянно освѣщена палящими лучами близкаго солнца, тогда какъ другая навсегда лишена ихъ, слѣдовательно, міра, не знающаго дня и ночи, мы отложимъ до тѣхъ главъ, которыя будутъ посвящены болѣе подробному разсмотрѣнію условій жизни на міровыхъ тѣлахъ.

---

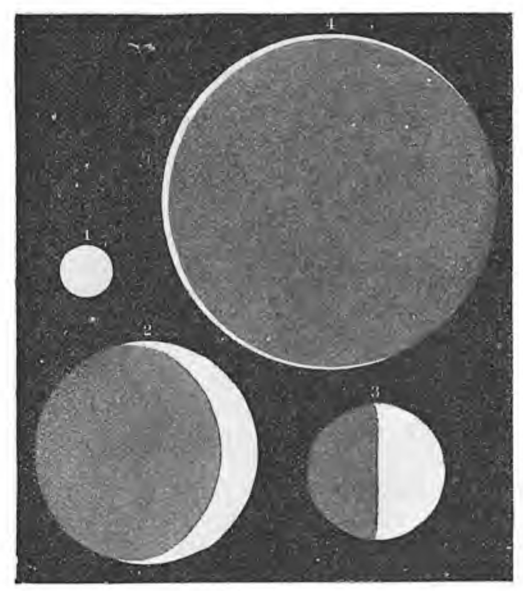
3. Венера.

Красивая утренняя или вечерняя звѣзда извѣстна всему міру: ее воспѣвали народы всѣхъ временъ и всѣхъ странъ. Дѣйствительно, среди явленій, какія даетъ намъ небо, ни одно не можетъ привлекать насъ къ себѣ такъ сильно, какъ эта искра небеснаго свѣта, сіяющая своимъ спокойнымъ и чистымъ блескомъ. Это свѣтило, посвященное Венерѣ, не похоже на солнце, которое ослѣпляетъ наши изумленные взоры, не похоже на луну, это ежедневное явленіе, не похоже на нѣкоторыя другія планеты, теряющіяся среди ночного сонма остальныхъ звѣздъ; но красота ея остается всегда плѣнительной.

Венера временами бываетъ самой яркой изъ всѣхъ звѣздъ на небесномъ сводѣ и можетъ быть видима просто глазомъ даже среди бѣлаго дня; ея яркость, однако, сильно мѣняется, что зависитъ — какъ и для Меркурія — отъ перемѣны ея положенія относительно солнца. Такъ какъ синодическое время обращенія Венеры равно $583^1/_2$ днямъ, то, какъ вечерняя звѣзда, она достигаетъ высшей степени своей яркости всегда приблизительно черезъ годъ и семь мѣсяцевъ. Этотъ моментъ не совпадаетъ

съ наибольшимъ видимымъ удаленіемъ планеты отъ солнца. То же наблюдается и для Меркурія, но благодаря его быстрому движенію эта разница не замѣчалась. Легче всего мы можемъ выяснить себѣ эти отношенія, если станемъ наблюдать Венеру въ телескопъ, въ теченіи цѣлаго синодическаго обращенія.

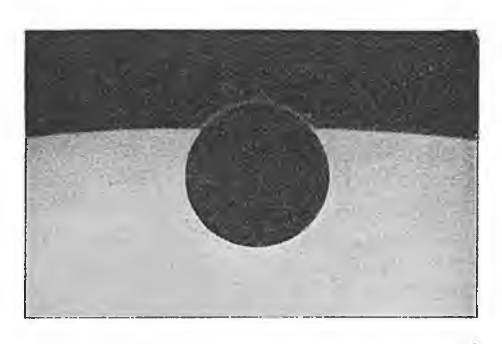
Прежде всего она представляетъ ту же смѣну фазъ, какъ и Меркурій; начиная отъ полной фазы, которая бываетъ, когда она находится по ту сторону солнца въ верхнемъ соединеніи, и кончая новой фазой въ нижнемъ ея соединеніи. Когда 2 мая 1893 года Венера находилась въ верхнемъ соединеніи, ея полный видимый дискъ равнялся круглымъ числомъ 10″ По мѣрѣ того какъ она постепенно удалялась отъ солнца на востокъ, дискъ мало по малу увеличивался въ поперечникѣ, а фаза въ то же время шла на убыль. Венера постепенно становилась вечерней звѣздой, замѣтной для невооруженнаго глаза, причемъ блескъ ея все время усиливался. Далѣе видимое разстояніе отъ солнца увеличивалось до 6 декабря того же года и въ этотъ день достигло почти 47°. Фаза отвѣчала первой четверти, а поперечникъ былъ равенъ 25″, т. е. со времени верхняго соединенія увеличился въ два съ половиною раза. Въ то время, какъ планета снова стала приближаться къ солнцу, она постепенно превращалась въ узкій серпъ, но поперечникъ серпа увеличивался, такъ что свѣтящаяся поверхность становилась больше и достигла своего максимума только 11 января 1894 года. Поперечникъ серпа равнялся въ это время 40″ Хотя поперечникъ все еще продолжалъ быстро расти, однако серпъ сдѣлался скоро слишкомъ узкимъ, и планета слишкомъ приблизилась къ солнцу и не могла быть видимою; въ его лучахъ тонкая полоса свѣта, имѣвшая форму полукруга, постепенно исчезала. Въ этотъ моментъ поперечникъ диска достигъ 61″. Нижнее соединеніе наступило 16 февраля. Послѣ этого описанная смѣна явленій началась въ обратномъ порядкѣ. Венера появилась къ западу отъ солнца, въ видѣ утренней звѣзды, и достигла наибольшей яркости 23 марта. Наибольшаго разстоянія на западѣ она достигла 27 апрѣля, въ формѣ послѣдней четверти, и вступила вторично въ верхнее соединеніе съ солнцемъ 30 ноября. Полный дискъ имѣлъ такой же поперечникъ въ 10″, какъ полтора года назадъ. Относительные размѣры планеты во время этихъ главныхъ моментовъ ея синодическаго обращенія представлены на прилагаемомъ рисункѣ. Послѣднее обращеніе продолжалось на этотъ разъ только 577 дней, т. е. болѣе короткое время, чѣмъ показываетъ вышеприведенное число, которое представляетъ среднюю величину. Позднѣе мы дадимъ объясненія, отчего происходятъ подобныя неравенства въ движеніи Венеры.



Фазы и измѣненія относительной величины Венеры: 1) въ верхнемъ соединеніи, 2) въ первой четверти, 3) въ періодъ наибольшаго блеска, 4) вскорѣ послѣ нижняго соединенія, съ далеко выступающими рогами серпа. Рис. Барнарда 1890 г.

Изъ описанныхъ явленій, какъ и при Меркуріи, можно заключить, что Венера есть шарообразное темное тѣло, которое освѣщается солнцемъ и вращается вокругъ него, что разстояніе

ея отъ солнца равно приблизительно $^5/_7$ разстоянія земли отъ солнца, т. е. $14^1/_2$ милліонамъ миль или 108 милліонамъ километровъ. Слѣдовательно, планета можетъ приближаться къ намъ на $20—14^1/_2=5^1/_2$ милліоновъ миль (40 милліоновъ километровъ) и удаляться отъ земли на $20+14^1/_2=34^1/_2$ милліоновъ миль (257 милліоновъ километровъ). Поперечникъ ея равенъ 12,600 км., такимъ образомъ размѣры Венеры почти такіе же, какъ нашей земли. Наименьшее разстояніе Венеры отъ насъ превосходитъ разстояніе луны почти во сто разъ; но впослѣдствіи мы узнаемъ, что ни одно изъ небесныхъ тѣлъ, понятно исключая луны, не можетъ подойти къ намъ ближе Венеры *). Поэтому послѣ луны Венера должна находиться въ наиболѣе благопріятныхъ условіяхъ для нашего наблюденія. Однако, здѣсь мы наталкиваемся на тѣ же затрудненія, какъ и при Меркуріи. Въ ближайшемъ положеніи она обращена къ намъ своей неосвѣщенной стороной, а по мѣрѣ того, какъ дискъ ея освѣщается все больше и больше, она все приближается къ солнцу, и ее приходится наблюдать днемъ. Въ тѣ благопріятные моменты ея положенія на нашемъ горизонтѣ, когда ее можно наблюдать и въ сумерки, мы можемъ видѣть меньше половины ея диска. Благодаря указаннымъ трудностямъ наблюденія, природа этой сосѣдней планеты извѣстна намъ не лучше, чѣмъ природа Меркурія. Странно подумать: покровъ, которымъ окутаны тайны неба и природы, сотканъ не только изъ тьмы; многія вещи ускользаютъ отъ нашего познанія потому, что онѣ только могутъ быть наблюдаемы при дневномъ свѣтѣ, непроницаемомъ для насъ. Все, что превышаетъ вверхъ или внизъ предѣлъ, доступный человѣку, не переступаетъ порога нашего сознанія.



Выхожденіе Венеры съ солнечнаго диска при прохожденіи 1882 г. По Фогелю.

Альбедо Венеры сравнительно очень велико; хотя Венера находится дальше отъ солнца, чѣмъ Меркурій, но она отбрасываетъ значительно больше солнечнаго свѣта. Когда обѣ планеты видны въ телескопъ одновременно, то видъ Меркурія кажется удивительно блѣднымъ, сравнительно съ яркимъ блескомъ Венеры. Отсюда уже давно вывели заключеніе, что Венера постоянно покрыта толстымъ слоемъ облаковъ. Чѣмъ больше свѣта отнимаетъ отъ насъ или отъ какой либо другой планеты облачный небесный покровъ, тѣмъ больше свѣта, конечно, онъ долженъ отбрасывать въ небесное пространство.

Поэтому Венера должна имѣть значительную **атмосферу**, что дѣйствительно и подтверждается съ большой вѣроятностью различными данными наблюденія. Въ этомъ отношеніи еще нѣкоторые прежніе наблюдатели замѣтили поразительный фактъ: когда Венера является въ видѣ узкаго серпа, ея рога далеко заходятъ за половину круга, какъ это особенно ясно видно на прилагаемомъ рисункѣ, который полученъ Барнардомъ при помощи двѣнадцати-дюймоваго рефрактора Ликской обсерваторіи, до и послѣ нижняго соединенія въ декабрѣ 1890 г. Такое выступаніе свѣта станетъ понятнымъ, если предположить, что на Венерѣ существуетъ атмосфера, въ которой, какъ въ земной атмосферѣ, совершаются рѣзкія явле-

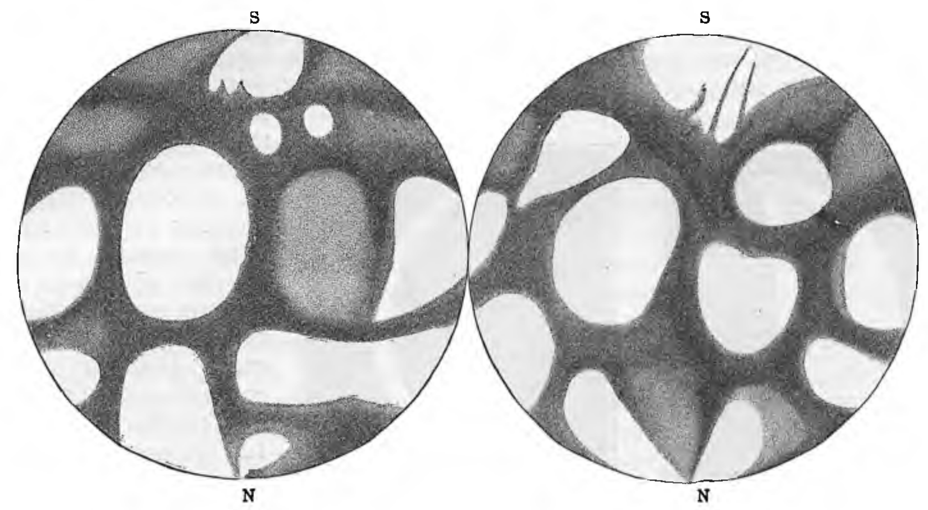
*) Во время печатанія настоящаго перевода Г. Витъ, директоръ обсерваторіи „Уранія" въ Берлинѣ, открылъ малую планету, приближающуюся къ землѣ на 22 милліона километровъ, слѣдовательно въ два раза ближе, чѣмъ Марсъ, и вообще ближе всѣхъ другихъ свѣтилъ, исключая конечно луны. *С. Глазенапъ.*

нія сумерекъ. Вслѣдствіе преломленія лучей въ атмосферѣ, солнечный свѣтъ далеко огибаетъ шаръ Венеры, и часть ея темной стороны, обращенной къ намъ, оказывается на столько освѣщенной, что видна намъ. Для обитателей Венеры эта сторона представляетъ полосу, въ которой полусвѣтъ медленно переходитъ въ ночной мракъ. Этимъ же объясняется и тотъ фактъ, что по мѣрѣ увеличенія серпа Венеры, линія терминатора не ограничивается рѣзко, какъ на лунѣ, но ослабленіе свѣта совершается постепенно въ направленіи къ темной части. При прохожденіи Венеры передъ дискомъ солнца, — явленіи очень рѣдкомъ, но представляющемъ особенныя выгоды для опредѣленія разстоянія солнца, — планету могли видѣть передъ самымъ появленіемъ ея на дискѣ солнца, очень близко отъ него: она выдѣлялась на яркомъ фонѣ неба благодаря тому, что свѣтъ охватывалъ значительную часть ея. Въ это время кольцо сумерекъ вполнѣ замыкалось вокругъ планеты. Изображеніе этого явленія дано на стр. 123, какимъ его нарисовалъ Фогель въ Потсдамѣ 6 декабря 1882 года. Ватсонъ сдѣлалъ попытку опредѣлить приблизительную высоту атмосферы на Венерѣ изъ наблюденій, произведенныхъ во время обоихъ послѣднихъ ея прохожденій въ 1874 и 1882 гг., и нашелъ ее, къ удивленію, равной, высотѣ нашей атмосферы, именно около 88 км.

Спектръ Венеры также подтверждаетъ существованіе атмосферы на этой планетѣ. Прежде всего въ немъ замѣчается чрезвычайно большое количество солнечныхъ линій, появляющихся съ необычайной отчетливостью, и, какъ надо ждать, положеніе ихъ вполнѣ совпадаетъ съ линіями солнечнаго спектра. Шейнеръ, напр., доказалъ это для 300 линій, которыя онъ нашелъ въ спектрѣ Венеры только между фраунгоферовыми линіями F и H. Благодаря большой яркости, Венеру можно изслѣдовать, когда она находится высоко въ небѣ, тамъ, гдѣ земная атмосфера не даетъ еще теллурическихъ линій въ спектрѣ. Поэтому въ данномъ случаѣ въ нашихъ заключеніяхъ о происхожденіи этихъ линій не можетъ быть той неточности, какъ при наблюденіи спектра Меркурія. Венера, находясь и въ зенитѣ, несомнѣнно даетъ, какъ показали Фогель и Секки, теллурическія линіи въ спектрѣ, хотя сравнительно слабыя. Изъ этого мы должны заключить, что отраженный свѣтъ, который доходитъ отъ Венеры до нашихъ спектроскоповъ, проникаетъ въ ея атмосферу на очень малую глубину. Наше предположеніе, что Венера окружена плотнымъ слоемъ облаковъ, стоитъ въ полномъ согласіи съ этимъ спектроскопическимъ фактомъ. Теллурическія линіи въ спектрѣ Венеры указываютъ на вѣроятное присутствіе водяного пара въ атмосферѣ Венеры.

Въ какой то связи съ этой атмосферой должно стоять одно странное явленіе, происходящее иногда на темной сторонѣ Венеры. Изрѣдка, но вполнѣ замѣтно, надъ этой половиной распространяется тусклое голубоватое сіяніе, благодаря которому можно различить всю темную половину Венеры рядомъ съ яркимъ серпомъ, совершенно такъ же, какъ мы различаемъ лунный дискъ въ новолуніе. На лунѣ это явленіе объясняется освѣщеніемъ отъ земли, но для Венеры подобное объясненіе немыслимо. Свѣтъ отъ земли не можетъ проникнуть такъ далеко въ пространство съ достаточной силой, чтобы освѣтить поверхность Венеры, послѣдняя же не имѣетъ луны. По крайней мѣрѣ спутникъ, который будто бы видѣли астрономы XVII и XVIII вѣка, съ тѣхъ поръ болѣе не былъ наблюдаемъ. Фосфоресцирующій свѣтъ прежде другихъ упоминаетъ Дергамъ въ 1714 г., какъ уже замѣчено раньше. Затѣмъ свѣтъ наблюдался въ 1721, 1726, 1759 гг. и позже, всегда черезъ неправильные періоды, а въ промежутки онъ исчезалъ. Одинъ изъ лучшихъ наблюдателей средины нашего столѣтія, Виннеке, въ шестидесятыхъ годахъ часто наблюдалъ Венеру, стараясь увидѣть этотъ таинственный свѣтъ, но все было напрасно, какъ вдругъ онъ

увидѣлъ его совершенно ясно 25 сентября 1871 г. Затѣмъ его видѣли осенью 1877 г. Францъ и Лампъ. Появившись, свѣтъ нѣкоторое время остается и обыкновенно замѣчается одновременно многими наблюдателями. Но бывали случаи, что въ то самое время, когда одинъ наблюдатель отмѣчаетъ этотъ свѣтъ, какъ ясно видимый, другой не можетъ открыть и слѣда его, хотя работаетъ иногда со столь же хорошими инструментами, какъ и первый. Часто такія противорѣчія объясняются неподходящимъ выборомъ увеличенія, или отверстій телескопа. Такъ какъ въ эти періоды темная сторона Венеры всегда выдѣляется на яркомъ небѣ вблизи солнца, то можно объяснить явленіе тѣмъ, что до нашего глаза доходитъ больше свѣтовыхъ колебаній отъ того мѣста, гдѣ находится въ данный моментъ Венера, чѣмъ отъ остальныхъ мѣстъ голубого неба. При слишкомъ маломъ увеличеніи, фонъ неба будетъ, очевидно,



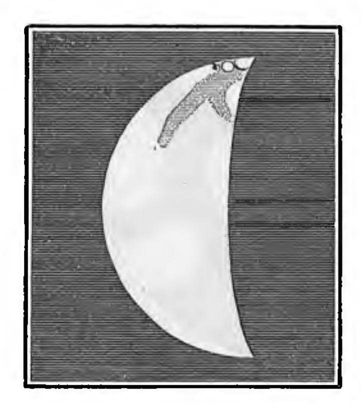
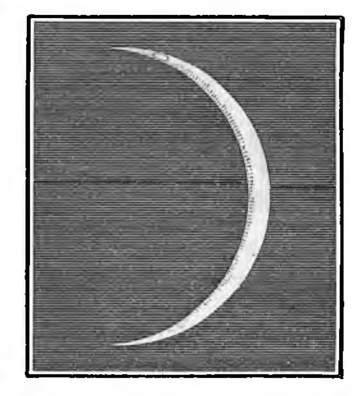
Карта Венеры, по наблюденіямъ Л. **Нистена** въ Брюсселѣ въ теченіи 1881—1890 гг. См. текстъ стр. 126.

перебивать своимъ яркимъ свѣтомъ маленькій дискъ, и послѣдній не будетъ замѣтенъ. Если же мы возьмемъ слишкомъ сильное увеличеніе, тогда является другое затрудненіе: свѣтовыя колебанія, идущія къ намъ отъ каждой точки увеличенной темной стороны планеты, будутъ дѣйствовать на слишкомъ большую поверхность сѣтчатки, и быть можетъ, та разность, которая останется между двумя свѣтовыми оттѣнками, будетъ настолько ничтожна, что пройдетъ незамѣченной нашимъ сознаніемъ.

Истинная причина этого удивительнаго свѣченія до сихъ поръ все еще остается загадкой, мы можемъ только высказывать предположеніе, что здѣсь мы имѣемъ нѣчто подобное нашему полярному сіянію. Послѣднее происходитъ, какъ предполагаютъ, въ высокихъ слояхъ нашей атмосферы, отъ электризаціи разрѣженнаго воздуха. Очень вѣроятно, что эта электризація вызывается или поддерживается вліяніемъ солнца. Поэтому у насъ полярное сіяніе появляется чаще всего при сильномъ повышеніи солнечной дѣятельности. Такъ какъ Венера находится ближе земли къ источнику энергіи — солнцу, то появленіе на ней полярнаго сіянія не представляетъ ничего удивительнаго, если къ тому же принять, что на Венерѣ вообще существуютъ тѣ же условія, какъ и на землѣ. Въ такомъ случаѣ фосфоресцирующій свѣтъ долженъ наблюдаться въ тѣ же періоды, какъ у насъ полярныя сіянія. Дѣйствительно, иногда это и бывало, какъ напр., въ 1871 году. Но въ другихъ случаяхъ такое совпаденіе не замѣчалось.

Планета, получившая свое названіе отъ богини красоты, на самомъ

дѣлѣ не особенно заслуживаетъ его: она всегда окутана самымъ плотнымъ покровомъ, который затрудняетъ изученіе ея строенія. Иногда этотъ покровъ цѣлые годы какъ будто не обнаруживаетъ движенія, въ другое же время атмосфера Венеры вновь проясняется на продолжительное время, и тогда на поверхности планеты можно видѣть, хотя всетаки смутно, нѣсколько пятенъ, которыя, повидимому, сохраняютъ одну и ту же форму и одно и то же взаимное положеніе, и потому, видимо, принадлежатъ поверхности планеты. Въ эти благопріятныя мгновенія пятна видимы даже въ совершенно слабые телескопы, какъ доказываютъ наблюденія Фонтана въ Неаполѣ (въ 1650 г.) и Біанкини. Послѣдній въ 1726 и 1727 гг. въ Римѣ наблюдалъ Венеру при помощи телескопа хотя громадной длины (66 футовъ), но съ поперечникомъ всего въ $2^1/_2$ дюйма, и видѣлъ на ней большія круглыя пятна, которыя придавали Венерѣ видъ луны, какою она представляется невооруженному глазу. Біанкини принялъ эти пятна за океаны, причемъ ему казалось, что нѣкоторыя изъ нихъ даже соединены каналами. Эти наблюденія были вполнѣ подтверждены въ началѣ сороковыхъ годовъ де-Вико въ Римѣ, затѣмъ въ наше время Нистеномъ въ Брюсселѣ (1881—90 гг.) и Трувело въ Медонѣ около Парижа; поэтому врядъ-ли можно еще сомнѣваться въ томъ, что на поверхности Венеры существуютъ почти постоянныя пятна. Рис. на стр. 125 представляетъ общую карту планеты, составленную Нистеномъ на основаніи его наблюденій.



Свѣтлыя пятна на южномъ полюсѣ Венеры. По И. Скіапарелли.

Особенное вниманіе обращали всегда на рога серпа Венеры, которые иногда вполнѣ замѣтно мѣняютъ какъ свою форму, такъ и яркость. Нѣкоторые наблюдатели находили ихъ, какъ и вообще южныя и сѣверныя части планеты, ярче остальной поверхности (см. прилагаемый рис.) Это обстоятельство заслуживаетъ вниманія: если бы мы могли взглянуть на землю, съ разстоянія, на какомъ находится отъ насъ Венера, мы замѣтили бы на сѣверной и южной части ея, т. е. на полюсахъ, подобныя же свѣтлыя пятна. Но кромѣ этихъ большихъ бѣлыхъ пятенъ вблизи южнаго полюса Венеры, наблюдаются еще меньшія, рѣзко очерченныя пятна; названіемъ „полюсъ“ мы обозначаемъ только лежащія на краю южныя и сѣверныя части поверхности. Яркія пятна окружены особенно темными участками. Трувело видѣлъ иногда, что пятна дѣлились на отдѣльныя мелкія точки, и старался доказать, что и до него многіе другіе наблюдатели видѣли эти точки постоянно на томъ же самомъ мѣстѣ. Трувело считаетъ эти пятна за высокія снѣжныя горы, которыя поднимаются въ южной полярной области надъ слоемъ облаковъ.

Въ тѣсной связи съ наблюденіемъ надъ пятнами стоитъ вопросъ о скорости вращенія планеты, какъ это мы уже видѣли при изученіи Меркурія. Такъ какъ описанныя пятна рѣдко можно ясно различать, то не удивительно, что мы наталкиваемся и здѣсь на такія же затрудненія, какъ при изслѣдованіи Меркурія. Для Венеры вопросъ этотъ является даже еще менѣе рѣшеннымъ. Первые наблюдатели принимали періодъ ея вра-

щенія равнымъ періоду вращенія земли; напротивъ того Біанкини, на основаніи своихъ наблюденій вывелъ, что продолжительность вращенія Венеры равна $24^1/_3$ днямъ. Затѣмъ изслѣдователи вновь присоединились къ мнѣнію первыхъ наблюдателей; и наконецъ Скіапарелли, серьезный и осторожный изслѣдователь, напечаталъ въ 1890 г. а затѣмъ въ самое недавнее время цѣлый рядъ статей по этому вопросу, въ которыхъ высказываетъ убѣжденіе, что въ изслѣдованіи Венеры, какъ и въ изслѣдованіи Меркурія, имѣютъ мѣсто однѣ и тѣ же ошибки, и что Венера очень медленно движется вокругъ оси, совершая полный кругъ приблизительно въ то же самое время, какъ и одинъ оборотъ вокругъ солнца, т. е. въ 224 дня. Это доказываютъ пятна, которыя можно видѣть на старыхъ рисункахъ Груйтуйзена, относящихся къ 1813 г., и которыя позже наблюдали Фогель въ Боткампѣ въ 1871 г. и въ самое недавнее время Бреннеръ; пятна эти оказываются тождественными между собою. Дальнѣйшія наблюденія Перротэна въ Ниццѣ и Гольдена на Ликской обсерваторіи, повидимому, также подтверждаютъ это мнѣніе. Но въ справедливости этого взгляда были высказаны и сомнѣнія, которыя нашли сильную поддержку въ Нистонѣ и Трувело. Послѣдній, основываясь на многочисленныхъ собственныхъ наблюденіяхъ (въ періодъ 1876—1891 гг. онъ произвелъ не менѣе 744 наблюденій и сдѣлалъ 295 рисунковъ), и доказываетъ, что время вращенія Венеры должно очень мало разниться отъ 24 часовъ. Въ 1893 г. Вислиценусъ еще разъ тщательно собралъ и провѣрилъ весь относящійся сюда матеріалъ и пришелъ къ тому же выводу, что и Трувело. Такимъ образомъ вопросъ о вращеніи Венеры нельзя еще считать рѣшеннымъ.

Ко многимъ загадочнымъ явленіямъ, какія представляетъ эта планета, самая близкая къ намъ, присоединяется еще вопросъ о спутникѣ Венеры. Нѣсколько наблюдателей,—изъ нихъ многіе считались знатоками неба и искусными наблюдателями своего времени,—видѣли между 1645 и 1768 гг. рядомъ съ Венерой маленькую луну, имѣвшую подобно Венерѣ форму серпа. Но съ тѣхъ поръ не наблюдалось и слѣда этой луны. Шейтенъ въ Крефельдѣ даже говоритъ, что онъ прослѣдилъ эту луну на солнечномъ дискѣ въ теченіе трехъ часовъ во время прохожденія Венеры 6-го іюля 1761 г. Объ этомъ онъ сообщаетъ космографу Ламберу—правда 14 лѣтъ спустя, когда уже приходилось отыскивать наблюденія, относящіяся къ этому спорному вопросу. „То, что мы наблюдали въ теченіе трехъ часовъ на солнцѣ, не можетъ быть ни чѣмъ инымъ, кромѣ спутника. Онъ казался мнѣ такимъ же чернымъ, круглымъ и рѣзко очерченнымъ, какъ Венера, но гораздо меньше, около четверти самой планеты. На солнечныя пятна, которыя я видѣлъ много разъ, онъ совсѣмъ не походилъ. Его движеніе согласовалось съ движеніемъ Венеры; только онъ двигался нѣсколько быстрѣе“. Очень вѣскимъ является также наблюденіе Шорта, который до половины прошлаго столѣтія считался самымъ выдающимся астрономомъ-наблюдателемъ и котораго нельзя подозрѣвать въ неумѣніи пользоваться своимъ зеркальнымъ телескопомъ. Шортъ видѣлъ луну Венеры 4-го ноября 1740 г. въ 5 часовъ утра, на разстояніи $10\ ^1/_3{}'$ отъ главной планеты, въ одной фазѣ съ Венерой, но моложе на одну треть. Всего въ указанный періодъ было сдѣлано 33 наблюденія надъ луною Венеры. Тщательно свѣривъ эти наблюденія, Штрообантъ въ Брюсселѣ показалъ, что въ 19 случаяхъ за луну могли принять неподвижныя звѣзды, вблизи которыхъ проходила тогда Венера; другія наблюденія нельзя считать достаточно достовѣрными. Остаются какихъ нибудь два или три наблюденія, которыя не находятъ себѣ объясненія. При этомъ надо еще принять въ разсчетъ, что въ современные телескопы вблизи Венеры, вслѣдствіе ея большой яркости, можно замѣчать иногда странныя явленія, которыя несомнѣнно объясняются оптическимъ обманомъ, но смыслъ которыхъ трудно понять. Беръ и Медлеръ сообщаютъ

о подобныхъ ложныхъ изображеніяхъ, которыя, по ихъ мнѣнію, не могутъ возникать въ самомъ телескопѣ, судя по всѣмъ условіямъ. Такъ какъ Венера послѣ солнца и луны есть самый яркій предметъ на небѣ, то возможно, конечно, что и она вызываетъ извѣстныя свѣтовыя явленія въ атмосферѣ, подобныя ложнымъ солнцамъ. Благодаря такимъ явленіямъ, вполнѣ могла возникнуть легенда о лунѣ Венеры, которая впослѣдствіи дополнялась подъ вліяніемъ другихъ ошибокъ. Во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что постоянное небесное тѣло такихъ размѣровъ, какія были даны для луны Венеры, не могло бы остаться не замѣченнымъ при нынѣшнемъ искусствѣ наблюденія. Итакъ, луна Венеры въ настоящее время несомнѣнно не существуетъ. А слѣдовательно и никогда не существовала; иначе надо бы допустить, что за истекшій періодъ произошла непонятная съ астрономической точки зрѣнія катастрофа, благодаря которой могло исчезнуть близко отъ насъ тѣло, величиной съ нашу луну, и мы этого вовсе не замѣтили.

Вотъ почти все, что намъ извѣстно о самомъ яркомъ свѣтилѣ нашего небеснаго свода. Надо сознаться,—мы знаемъ очень мало.

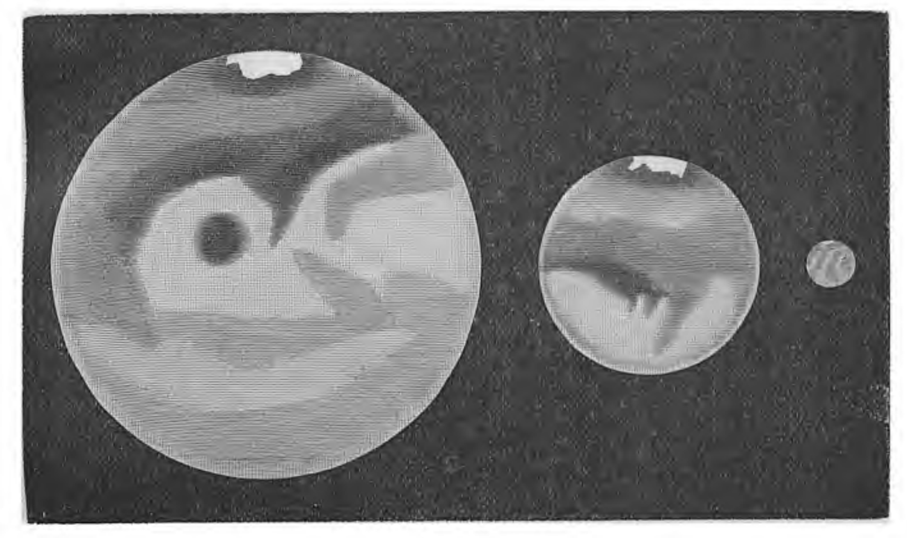
---

4. Марсъ.

Гораздо лучше Венеры знакомъ намъ Марсъ, сіяющій красноватымъ свѣтомъ. Это—первая по порядку изъ тѣхъ планетъ, которыя могутъ находиться въ любомъ положеніи относительно солнца, и слѣдовательно могутъ быть видимы на ночномъ небѣ. Въ извѣстное время Марсъ находится въ противостояніи къ солнцу, т. е. стоитъ какъ разъ противъ него, другими словами, Марсъ наблюдается на югѣ, когда въ полночь солнце находится подъ горизонтомъ на сѣверѣ. Между каждыми двумя такими противостояніями проходитъ среднимъ числомъ 2 года 49 дней; это есть синодическое время его обращенія.

Во время противостоянія Марсъ представляется вполнѣ освѣщеннымъ дискомъ; въ это время онъ имѣетъ наибольшій поперечникъ, въ среднемъ равный 17,9 секунды. Приближаясь къ солнцу, Марсъ можетъ вступить въ квадратуру относительно его; такъ называется положеніе планеты, когда линіи, идущія отъ нея и отъ солнца къ нашему глазу, встрѣчаются подъ угломъ въ 90°. Хотя фаза его къ этому времени и уменьшается, все таки освѣщенной остается до $^6/_7$ поверхности планеты. Долѣе фаза уже не убываетъ: при приближеніи планеты къ солнцу становится видима опять бо̀льшая часть ея поверхности, но поперечникъ ея въ то же время продолжаетъ уменьшаться. Наконецъ, когда планета, какъ намъ кажется, подходитъ совсѣмъ близко къ солнцу, и вступаетъ съ нимъ въ соединеніе, поперечникъ ея достигаетъ наименьшей величины, именно 3,7 секунды, и она опять кажется намъ полнымъ дискомъ, какъ во время противостоянія. Соотношеніе размѣровъ планеты въ трехъ характерныхъ ея положеніяхъ относительно насъ дано на стр. 129. На основаніи этихъ видимыхъ размѣровъ можно опредѣлить разстояніе Марса отъ солнца совершенно такимъ же образомъ, какъ опредѣлялось разстояніе Меркурія и Венеры; для Марса оно равно 1,52 нашего разстоянія. Во время противостоянія его разстояніе отъ насъ равно 75 милліонамъ км., во время соединенія 375 милліоновъ км.. Однако, наблюдая Марсъ, мы замѣчаемъ впервые вполнѣ ясно, что эти разстоянія не остаются одинаковыми при каждомъ видимомъ его обращеніи по небесному своду. Величина диска планеты мѣняется во время различныхъ противостояній, а это показываетъ, что какъ наше разстояніе отъ Марса, такъ и разстояніе Марса отъ солнца во время различныхъ противостояній подвержено колебаніямъ.

Это явленіе, какъ извѣстно, зависитъ отъ эллиптической формы пути планетъ; оно особенно ясно замѣтно на Марсѣ. Въ настоящее время это обстоятельство интересно для насъ только въ одномъ отношеніи, именно изъ него мы узнаемъ, что не всѣ противостоянія Марса одинаково благопріятны для наблюденія надъ нимъ. Какъ мы убѣдились, въ среднихъ положеніяхъ поперечникъ планеты виденъ подъ угломъ около 18″, въ самомъ благопріятномъ положеніи онъ можетъ увеличиваться до 24,4,″ т. е. на цѣлую треть, сравнительно со средними положеніями. Въ такой же мѣрѣ, конечно, увеличиваются и всѣ детали на поверхности планеты. Понятно, что это обстоятельство представляетъ для насъ большое преимущество, такъ какъ въ наименьшемъ разстояніи отъ насъ планета приближается къ намъ (болѣе или менѣе) на 20 милліоновъ км. Самый большой кружокъ на нашемъ рисункѣ наглядно показываетъ ви-

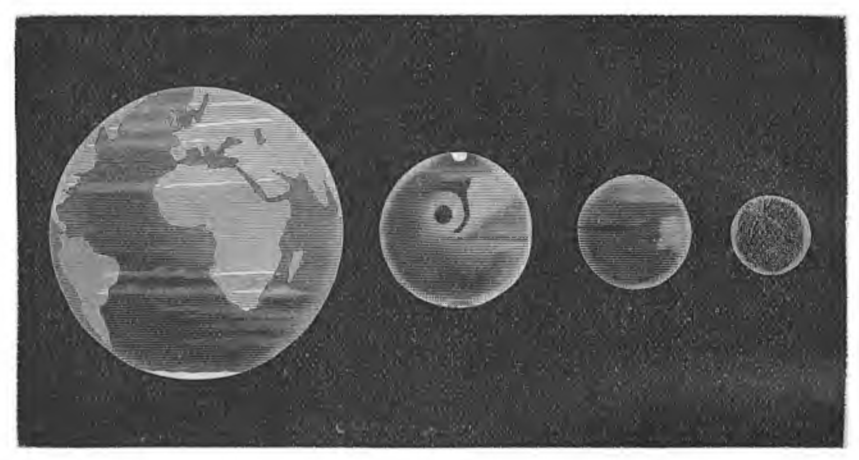


Относительная величина Марса въ его крайнихъ положеніяхъ.

димую величину Марса во время великихъ противостояній. Они повторяются періодически черезъ каждые 15—16 лѣтъ; напр., во время противостояній 1877 и 1892 г.г. поперечникъ планеты имѣлъ максимальную величину; въ шестнадцатилѣтній періодъ обращенія, самыя неблагопріятныя положенія приходились въ 1884 г. и въ 1886 г.

При выборѣ опредѣленныхъ пунктовъ на земной поверхности, имѣетъ значеніе еще одно обстоятельство, которое можетъ совершенно уничтожить выгоду близости планеты къ намъ; это — положеніе планеты надъ горизонтомъ. Мы уже знаемъ, какимъ большимъ препятствіемъ для отчетливыхъ телескопическихъ наблюденій является подвижной полупрозрачный покровъ нашей атмосферы. А какъ оказывается, Марсъ въ различныя противостоянія появляется на различной высотѣ надъ горизонтомъ извѣстнаго мѣста. Въ 1892 г., напр., къ огорченію наблюдателей нашего сѣвернаго полушарія, Марсъ стоялъ такъ близко къ горизонту, что успѣшныя наблюденія можно было производить только при особенно благопріятныхъ атмосферныхъ условіяхъ. Несравненно благопріятнѣе для нашихъ обсерваторій было противостояніе 1894 года, хотя въ это время Марсъ казался почти на одну пятую часть меньше, чѣмъ два года назадъ; за то онъ стоялъ гораздо выше, и потому свѣтъ его долженъ былъ проходить гораздо меньше слоевъ нашей неспокойной атмосферы. Эти послѣднія неудобства, къ счастію, чи-

сто мѣстнаго характера. Чѣмъ южнѣе расположенъ наблюдательный пунктъ у насъ на землѣ, тѣмъ выше поднимаются надъ горизонтомъ южныя свѣтила. Поэтому-то для наблюденія надъ противостояніемъ 1892 г., которое было благопріятно въ астрономическомъ отношеніи, весьма важнымъ условіемъ было сооруженіе наблюдательной станціи на перуанскомъ плоскогорьи близъ города Арекв͏ипы, подъ 16^0 южной широты, на высотѣ 2457 м. Станція эта, сооруженная на средства частнаго человѣка, любителя астрономіи, г. Бойдена, предназначена была главнымъ образомъ для изученія поверхности Марса. Намъ не разъ придется сообщать о произведенныхъ здѣсь наблюденіяхъ. При слѣдующемъ противостояніи въ 1894 г. не зачѣмъ было искать южныхъ мѣстностей; какъ сказано, въ это время положеніе планеты было болѣе благопріятное для сѣверныхъ широтъ. Американецъ Ловель могъ поэтому на своей частной обсерваторіи въ Флагстаффѣ (Аризона) съ большимъ успѣхомъ заняться исключительно изученіемъ Марса; въ его трудахъ приняли участіе два опытныхъ наблюдателя, В. Б. Пиккерингъ и А. Е. Дугласъ, которые во время предыдущаго противостоянія работали въ Арекв͏ипѣ. Кромѣ этихъ наблюдателей, изученіемъ Марса занимались астрономы Ликской обсерваторіи, которые, благодаря благопріятному состоянію воздуха на горѣ Гамильтонъ, а также благодаря сильнымъ зрительнымъ аппаратамъ, находящимся въ ихъ распоряженіи, могли сдѣлать драгоцѣннѣйшій вкладъ въ изслѣдованіе сосѣдней намъ планеты; затѣмъ этимъ же вопросомъ занимались нѣкоторые другіе ревностные европейскіе наблюдатели, которыхъ мы будемъ называть далѣе въ нашемъ изложеніи; въ два послѣднія противостоянія эти ученые сильно расширили наши знанія объ этомъ крайне своеобразномъ и во многихъ отношеніяхъ еще глубоко таинственномъ мірѣ.



Сравнительная величина земли, Марса, Меркурія и Венеры.

Изъ выше приведенныхъ данныхъ, касающихся разстоянія и видимой величины Марса, слѣдуетъ, что истинный его поперечникъ равенъ 910 милямъ или 6,740 км. Слѣдовательно, Марсъ почти вдвое меньше земли, и вдвое больше луны. По прилагаемому рисунку можно составить представленіе объ относительной величинѣ разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ небесныхъ тѣлъ; такъ какъ Венера имѣетъ одинаковую величину съ землей то вмѣсто нея мы поставили землю. Сравненіе относится къ поперечнику. Чтобы сравнить поверхности, надо, какъ извѣстно, величину поперечниковъ возвысить въ квадратъ. Поверхность Марса вчетверо меньше поверх-

ности земли, другими словами, она почти равна поверхности земныхъ материковъ.

Отъ общихъ свѣдѣній, касающихся положенія и величины Марса, перейдемъ теперь къ анализу свѣта Марса. Прежде всего мы замѣчаемъ, что лучи его окрашены въ красный цвѣтъ. На это обратили вниманіе еще древніе. Такъ въ санскритскомъ языкѣ названіе Марса имѣетъ то же значеніе, что и раскаленный уголь; греки называли его огненнымъ; и въ самомъ дѣлѣ, когда онъ появляется близко къ горизонту, его можно принять за далекій огонь на землѣ. Ни одно изъ тѣлъ нашей планетной системы не имѣетъ подобной окраски; только нѣкоторыя неподвижныя звѣзды сіяютъ краснымъ свѣтомъ. Въ чемъ же кроется причина такой особенной окраски Марса? Для рѣшенія этого вопроса прежде всего обратимся къ спектроскопу. Онъ говоритъ намъ, что красная окраска Марса или вовсе не зависитъ отъ атмосферы планеты, или зависитъ въ очень малой степени, вопреки общему мнѣнію, господствовавшему до примѣненія спектроскопа въ астрономіи. Основываясь на условіяхъ, наблюдаемыхъ у насъ на землѣ, тогда слишкомъ поспѣшно дѣлали заключенія относительно Марса. Если бы нашу землю можно было наблюдать съ такого же разстоянія, на какомъ находится Марсъ, то она казалась бы совершенно такого же цвѣта. Голубое небо надъ нашей головой можетъ служить доказательствомъ того, что масса голубыхъ лучей солнечнаго свѣта поглощается нашей атмосферой, и въ небесное пространство долженъ возвращаться значительный избытокъ красныхъ лучей. Красное окрашиваніе луны во время ея затменія, когда она освѣщается сумеречнымъ свѣтомъ земли, лучше всего показываетъ намъ окраску земного свѣта. Если бы мы изслѣдовали этотъ свѣтъ, то увидѣли бы, что красная окраска стоитъ въ связи съ массой темныхъ линій и полосъ въ голубой части земного спектра. Такія линіи и полосы происходятъ, какъ мы уже знаемъ, отъ поглощенія свѣта темнымъ газообразнымъ веществомъ. Такимъ образомъ мы могли бы доказать существованіе земной атмосферы.

Но иначе обстоитъ дѣло на Марсѣ. Въ его спектрѣ, какъ въ спектрѣ Меркурія и Венеры, мы находимъ только незначительные намеки на атмосферическія линіи, которыми во всякомъ случаѣ нельзя объяснять преобладаніе краснаго цвѣта. За то сплошной спектръ его, лежащій за фраунгоферовыми линіями, значительно интенсивнѣе въ красной части, чѣмъ въ голубой. На землѣ подобный спектръ можно получить отъ краснаго предмета, освѣщеннаго солнцемъ. Въ главѣ о спектральномъ анализѣ мы уже видѣли, что твердыя или жидкія тѣла не даютъ спектральныхъ линій; если же они имѣютъ извѣстную окраску, то это обнаруживается поглощеніемъ дополнительныхъ цвѣтовъ. Въ такомъ случаѣ спектръ ничего не говоритъ намъ о химическомъ составѣ веществъ, но зато даетъ точное свидѣтельство о ихъ окраскѣ. На основаніи этого мы можемъ сказать, что твердые или жидкіе предметы на Марсѣ, отражающіе солнечный свѣтъ, большей частью краснаго или желтокраснаго цвѣта, какъ песокъ нашихъ пустынь.

Относительно атмосферы Марса, спектръ даетъ намъ очень несовершенныя свѣдѣнія. Большинство наблюдателей до послѣдняго времени полагали, что на Марсѣ есть атмосфера, которая совершенно подобна нашей и богата водяными парами. Но Кампбелль на Ликской обсерваторіи указалъ на то, что прежнія наблюденія не свободны отъ ошибокъ. Напр., бо̀льшая часть изъ нихъ производилась въ такое время, когда наша атмосфера была слишкомъ богата водяными парами, вліяніе которыхъ очень трудно отдѣлить отъ тѣхъ явленій, какія даетъ свѣтъ Марса. Лѣтомъ 1894 г. Кампбелль имѣлъ случай наблюдать спектръ Марса при особенно благопріятныхъ условіяхъ и сравнить его съ разложеннымъ свѣтомъ луны, находившейся на очень близкомъ разстояніи. При этомъ онъ не замѣтилъ

совершенно никакой разницы въ спектрахъ обоихъ небесныхъ свѣтилъ. Хотя на лунѣ и нѣтъ сколько нибудь замѣтной атмосферы, однако Кампбелль не считаетъ себя въ правѣ отрицать существованіе атмосферы на Марсѣ. По его мнѣнію, она должна быть по крайней мѣрѣ вчетверо рѣже земной; при такомъ только условіи ея существованіе стояло бы въ согласіи съ его наблюденіями.

Для того, чтобы найти иныя данныя для рѣшенія вопроса объ атмосферѣ Марса, мы оставимъ спектроскопъ и будемъ внимательно изслѣдовать явленія на поверхности планеты при помощи телескопа. На Марсѣ можно различить несравненно отчетливѣе, чѣмъ на Меркуріи или Венерѣ, разнообразнѣйшія детали поверхности; нѣкоторыя изъ этихъ деталей были правильно различены въ самое первое время наблюденій съ телескопомъ, другія же принадлежатъ къ труднѣйшимъ объектамъ. Изслѣдованіе ихъ выпало на долю нѣкоторыхъ счастливцевъ, которые соединяли въ себѣ даръ наблюденія, настойчивость, извѣстныя физіологическія способности, при этомъ располагали превосходнѣйшими инструментами и занимали благопріятное положеніе на земномъ шарѣ. Но едва ли найдется больше дюжины наблюдателей, которые, напр., видѣли собственными глазами таинственную сѣть каналовъ на этой планетѣ.

На дискѣ планеты, даже въ телескопы средней силы, можно видѣть громадныя желтовато-красныя пятна, перерѣзанныя синевато-сѣрыми и темно-синими участками. Пятна эти неизмѣнно сохраняютъ свою форму и взаимное положеніе, но равномѣрно передвигаются къ краю диска. Прослѣдивъ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ это своеобразное явленіе, наблюдатель приходитъ къ несомнѣнному выводу, что это міровое тѣло вращается вокругъ оси, подобно нашей землѣ. Точныя измѣренія показали, что это вращеніе совершается съ такой же правильностью и неизмѣнностью какъ и то движеніе, отъ котораго зависитъ у насъ длина дня и смѣна яркаго дня темною ночью. Длина дня на Марсѣ не отличается существенно отъ длины нашего дня. Время одного оборота Марса вокругъ оси равно 24 часамъ 37 минутамъ 22,65 секундамъ, т. е. всего на 41 минуту болѣе, чѣмъ время оборота земли. (Земля совершаетъ полное вращеніе около своей оси въ 360° въ 23 часа 56 мин. и 4 секунды). Скорость вращенія Марса вычислена съ точностью до сотыхъ долей секунды.

Начало временъ года на Марсѣ.

Годъ	Мѣсяцъ	Южное полушаріе	Сѣверное полушаріе	Годъ	Мѣсяцъ	Южное полушаріе	Сѣверное полушаріе
1884	13 мая	Зима	Лѣто	1892	13 октября	Лѣто	Зима
1884	10 ноября	Весна	Осень	1893	22 марта	Осень	Весна
1885	5 апрѣля	Лѣто	Зима	1893	8 октября	Зима	Лѣто
1885	12 сентября	Осень	Весна	1894	8 апрѣля	Весна	Осень
1886	31 марта	Зима	Лѣто	1894	1 сентября	Лѣто	Зима
1886	28 сентября	Весна	Осень	1895	8 февраля	Осень	Весна
1887	21 февраля	Лѣто	Зима	1895	26 августа	Зима	Лѣто
1887	31 іюля	Осень	Весна	1896	23 февраля	Весна	Осень
1888	16 февраля	Зима	Лѣто	1896	18 іюля	Лѣто	Зима
1888	15 августа	Весна	Осень	1896	25 декабря	Осень	Весна
1889	8 января	Лѣто	Зима	1897	12 іюля	Зима	Лѣто
1889	17 іюня	Осень	Весна	1898	10 января	Весна	Осень
1890	2 января	Зима	Лѣто	1898	5 іюня	Лѣто	Зима
1890	3 іюля	Весна	Осень	1898	12 ноября	Осень	Весна
1890	26 ноября	Лѣто	Зима	1899	30 мая	Зима	Лѣто
1891	5 мая	Осень	Весна	1899	28 ноября	Весна	Осень
1891	20 ноября	Зима	Лѣто	1900	23 апрѣля	Лѣто	Зима
1892	20 мая	Весна	Осень	1900	30 сентября	Осень	Весна

Наблюдая, какія положенія принимаютъ на видимомъ дискѣ Марса постоянныя поверхностныя образованія въ зависимости отъ вращенія планеты, можно опредѣлить положеніе оси планеты, другими словами, можно опредѣлить положеніе полюсовъ относительно движущихся пятенъ Марса, а слѣдовательно, и относительно какой-либо неподвижной точки въ пространствѣ. Оказывается, что ось Марса имѣетъ такое же положеніе, какъ и ось земли, т. е. приблизительно направлена съ юга на сѣверъ. Выясненіе вопроса, какой общій космическій смыслъ имѣетъ эта связь въ положеніи обѣихъ осей, мы оставимъ до второй части нашей книги. Напомнимъ здѣсь только тотъ общеизвѣстный фактъ, что съ положеніемъ нашей земной оси связана смѣна временъ года. Тоже самое относится и къ Марсу. Мы можемъ привести столь же точныя, какъ для земли, данныя, когда на одномъ изъ полушарій Марса начинаются весна, лѣто, осень и зима. Мы можемъ даже съ увѣренностью утверждать, что на Марсѣ контрасты между лѣтомъ и зимой должны быть такіе же, какъ и на землѣ; только, повидимому, тамъ районности должны быть рѣзче. Факты эти, выведенные съ математической точностью, необходимо имѣть въ виду для пониманія дальнѣйшаго.

Для удобства на стр. 132 приведена таблица, дающая начала временъ года на Марсѣ для послѣднихъ противостояній. Времена года на Марсѣ, какъ мы видимъ изъ этой таблицы, длиннѣе нашихъ и болѣе разнятся между собою по продолжительности, чѣмъ наши. Причину этого мы узнаемъ позднѣе.

Первый извѣстный рисунокъ Марса съ полярными пятнами, Маральди (1704 г.).

На полюсахъ Марса уже давно замѣчались по временамъ блестящія бѣлыя пятна; когда они вообще бывали видимы, они представляли наиболѣе рѣзкое явленіе на всей поверхности планеты. Первый рисунокъ этихъ бѣлыхъ такъ называемыхъ полярныхъ пятенъ сдѣланъ Маральди въ 1704 г. (см. прилагаемый рис.); но Маральди писалъ тогда, что пятна наблюдались уже за 50 лѣтъ до того времени. Рѣдко эти пятна видны одновременно на сѣверномъ и южномъ полюсѣ. Большею частью съ нашей точки наблюденія доступенъ только одинъ полюсъ, именно южный, тогда какъ другой цѣлые мѣсяцы остается скрытымъ на той половинѣ, которая обращена въ сторону, противоположную отъ насъ. Въ полярныхъ поясахъ Марса, какъ въ полярныхъ странахъ на землѣ, въ теченіе цѣлой части года, царитъ непрерывно день или ночь, т. е. полюсы Марса на продолжительное время бываютъ обращены поперемѣнно то къ солнцу, то въ сторону отъ солнца; также точно измѣняется ихъ положеніе и по отношенію къ землѣ. Поэтому обыкновенно мы видимъ только одно полярное пятно. Однако, бываютъ періоды, когда не видно ни одного пятна. Это объясняется тѣмъ, что данныя образованія не постоянны, но поперемѣнно становятся то больше, то меньше и иногда даже совсѣмъ исчезаютъ.

Наблюденіе надъ описываемымъ явленіемъ ясно показало, что ростъ и исчезновеніе бѣлыхъ полярныхъ пятенъ па Марсѣ стоитъ въ связи со смѣной временъ года. Это еще зналъ Гершель въ 1781 году. Всякій разъ, когда одинъ изъ полюсовъ послѣ долгой зимней ночи снова поворачивается къ солнцу, онъ кажется намъ покрытымъ круглой бѣлой шапкой, величина которой медленно, но постоянно уменьшается по мѣрѣ того, какъ соотвѣтствующее полушаріе планеты приближается къ началу лѣта. Бѣлая область и послѣ начала лѣта, продолжаетъ уменьшаться, что длится въ общей сложности въ теченіе всего лѣта на Марсѣ, равнаго двумъ или тремъ нашимъ земнымъ мѣсяцамъ. Конецъ лѣта на Марсѣ, какъ и у насъ, совпадаетъ съ началомъ или срединой августа. Затѣмъ, въ теченіе короткаго времени пятно остается очень небольшимъ, но около осенняго равноденствія оно снова начинаетъ медленно увеличиваться, и въ то же время исчезаетъ отъ

нашихъ взоровъ, такъ какъ полюсъ опять погружается въ зимнюю ночь. Тогда повторяется тоже самое на другомъ полушаріи. Однако, явленіе это не наступаетъ съ абсолютной правильностью. Въ извѣстные годы пятно разростается больше, въ иные же значительно уменьшается въ своихъ размѣрахъ, кромѣ того пятно не всегда появляется въ одномъ и томъ же положеніи относительно полюса; особенно замѣчательно то, что послѣдній остатокъ полюса при его исчезаніи располагается не на самомъ полюсѣ, хотя и близко около него.

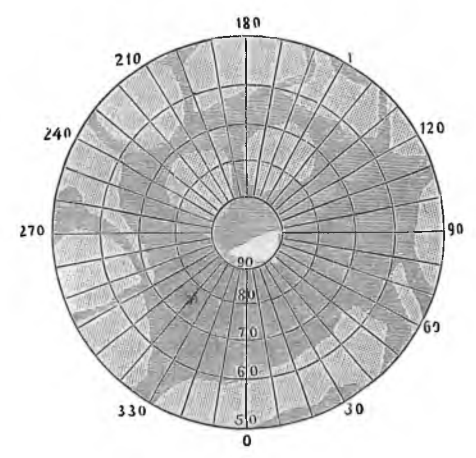
Нѣсколько примѣровъ могутъ еще болѣе разъяснить сказанное. Въ 1837 году южный полюсъ Марса былъ занятъ этимъ бѣлымъ пятномъ, на пространствѣ, равномъ 70 градусамъ широты; т. е. если мы раздѣлимъ шаръ Марса подобно земному шару параллельными кругами, то найдемъ, что поверхность Марса была покрыта бѣлымъ покровомъ до 55⁰ широты; у насъ на землѣ эта широта проходитъ черезъ самые сѣверные пункты Германіи. Правда, описанный случай былъ исключительнымъ; позднѣе наибольшіе размѣры бѣлаго полярнаго пятна едва достигали половины этого. Въ 1877 г. Скіапарелли, которому принадлежатъ наиболѣе цѣнныя наблюденія надъ Марсомъ (портретъ его мы здѣсь прилагаемъ), нашелъ, что южное полярное пятно, въ наибольшемъ протяженіи, именно за мѣсяцъ до начала лѣта на соотвѣтственномъ полушаріи Марса, имѣло въ поперечникѣ 29 градусовъ широты. Но по всей вѣроятности, это измѣреніе относится не къ наибольшему протяженію, котораго пятно могло достигнуть, такъ какъ этотъ моментъ не возможно наблюдать. Мѣсяцъ спустя послѣ начала лѣта, пятно сократилось уже до 7⁰. Оно занимало тогда такое положеніе, какъ изображено на схематическомъ рисункѣ на стр. 135 вверху. На этомъ рисункѣ въ центрѣ, какъ разъ передъ нами, находится южный полюсъ, но въ дѣйствительности этого никогда не бываетъ. На самомъ полюсѣ, какъ можно видѣть, нѣтъ бѣлаго покрова; пятно сдвинуто отъ полюса по линіи, обозначенной на картѣ 30⁰ долготы.



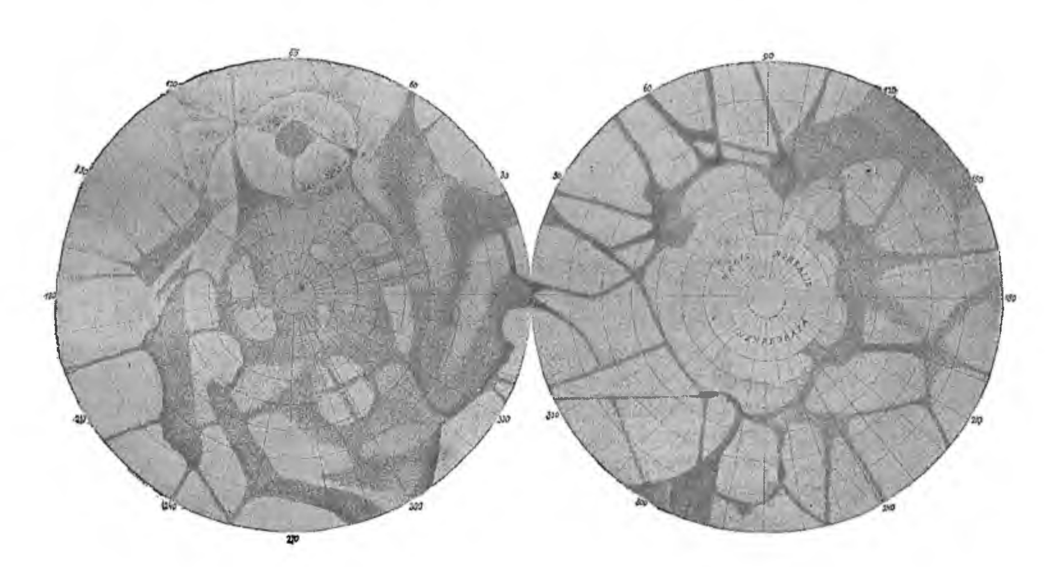
И. В. Скіапарелли (род. въ Савигліано въ Пьемонтѣ 1835 г.). По фотографіи.

Пятно, испытавъ вновь обычное расширеніе, во время слѣдующаго противостоянія въ 1879 году уменьшилось еще болѣе, чѣмъ раньше, какъ можно видѣть изъ рисунка Скіапарелли на стр. 135 внизу. При наименьшихъ размѣрахъ пятно равнялось на этотъ разъ всего 4 градусамъ. Смѣщеніе относительно полюса совершилось опять въ томъ же направленіи, какъ и раньше. На плоскошаріи (см. рис., стр. 135, внизу) изображено сѣверное полушаріе Марса въ томъ видѣ, въ какомъ оно тогда наблюдалось. Область его отъ полюса до 70⁰ широты тогда не была изслѣдована, такъ какъ лежала за предѣлами видимаго намъ и освѣщеннаго диска планеты. Однако, на поверхности Марса замѣтны были бѣлые выступы, по которымъ можно было заключить, что вся невидимая область должна быть занята

бѣлымъ покровомъ. Въ это время бѣлое пятно южнаго полушарія почти совершенно исчезло. Въ 1894 году наблюдалось даже полное исчезновеніе южнаго полярнаго пятна, чего ранѣе никогда не видали. 5 октября 1894 г. Дугласъ въ телескопъ обсерваторіи Ловеля въ Флагстаффѣ, видѣлъ еще это пятно въ той формѣ, какъ оно изображено на стр. 136. По его измѣреніямъ пятно лежало на 4,7° отъ южнаго полюса по линіи 59° долготы, т. е. почти на томъ же мѣстѣ, гдѣ въ предыдущія противостоянія также наблюдался минимумъ. Разница въ долготѣ на 30° около самаго полюса представляетъ очень незначительную величину. 13 октября полярное пятно стало невидимо для названнаго наблюдателя. Совершенно независимо отъ него, Скіапарелли въ Миланѣ при помощи своего восемнадцатидюймоваго рефрактора наблюдалъ это исчезновеніе, но замѣтилъ его гораздо позже, очевидно, потому, что онъ находился въ болѣе благопріятныхъ условіяхъ, чѣмъ американскій астрономъ. Миланскій изслѣдователь отмѣтилъ въ своемъ дневникѣ, что 21 октября пятно было почти невидимо, но только 29 октября исчезъ



Положеніе южнаго полярнаго пятна на Марсѣ въ 1877 г., по рис. И. В. Скіапарелли.

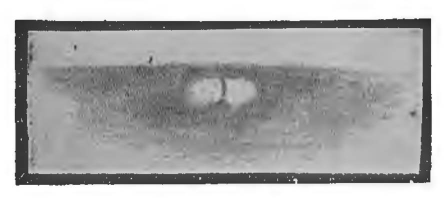

Видъ Марса съ полюсовъ во время противостоянія 1879 г., по рис. И. В. Скіапарелли.

всякій слѣдъ его. Это произошло 59 дней спустя послѣ начала лѣта, тогда какъ во время противостоянія 1877 года, когда астрономическія условія были таковы же, какъ и въ описываемомъ случаѣ, пятно еще и 98 дней спустя, въ 1879 году — даже 144 дня, а въ 1892 г. 78 дней спустя послѣ наивысшаго положенія солнца, было видимо въ наименьшемъ своемъ протяженіи. Затѣмъ оно обыкновенно скрывалось отъ нашихъ взоровъ вслѣдствіе вращенія Марса.

При знакомствѣ съ этими замѣчательными явленіями, самъ собою на-

прашивается тотъ взглядъ, что полярныя пятна ни что иное какъ снѣжные покровы на поверхности Марса. Дѣйствительно, сходство наблюдаемыхъ въ данномѣ случаѣ явленій на сосѣднемъ намъ міровомъ тѣлѣ съ подобными же явленіями на нашей землѣ столь поразительно, что до послѣдняго времени не являлось сомнѣній въ тождественности обоихъ явленій. На землѣ полярныя страны также покрыты зимою блестящимъ бѣлымъ покровомъ, размѣры котораго сокращаются, по мѣрѣ того какъ солнце поднимается и точно также достигаютъ наименьшей величины только спустя значительный промежутокъ времени послѣ начала лѣта. На землѣ также далѣе самые холодные пункты не совпадаютъ въ точности съ геометрическими полюсами; наши холодные полюсы лежатъ еще ближе къ экватору, чѣмъ полюсы Марса. Правда при наблюденіи съ Марса, они представляли бы иную картину, такъ какъ земные полюсы постоянно покрыты льдомъ.

Принимая въ разсчетъ это различіе, а также то обстоятельство, что бѣлыя пятна никогда не спускаются такъ близко къ экватору, какъ у насъ, мы могли бы заключить, что на Марсѣ гораздо болѣе мягкій климатъ, чѣмъ на землѣ, если бы была полная увѣренность, что эти бѣлыя массы представляютъ снѣгъ или ледъ. Но такъ какъ Марсъ, какъ мы знаемъ, отъ общаго источника тепла нашей планетной системы, находится въ полтора раза дальше, чѣмъ земля, и такъ какъ изъ физики извѣстно, что дѣйствіе теплоты, какъ всякой лучистой энергіи уменьшается пропорціонально квадрату разстоянія (см. стр. 18), то слѣдовательно до Марса доходитъ только $^3/_7$ того количества солнечной теплоты, которую получаетъ земля. Поэтому его климатъ долженъ быть гораздо суровѣе, если только тамъ общія условія тѣ же, что и у насъ. Въ виду этого лучше всего пока относиться съ осторожностью къ тому взгляду, что бѣлыя пятна на полюсахъ Марса имѣютъ тотъ же самый химическій составъ, какъ наша вода, встрѣчающаяся въ трехъ состояніяхъ, и только считать несомнѣннымъ, что на этомъ, еще весьма загадочномъ сосѣднемъ намъ мірѣ, существуетъ вещество, которое при пониженіи температуры отлагается на поверхности, въ видѣ бѣлаго осадка, а при повышеніи ея снова разсѣивается, или же теряетъ бѣлую окраску *).



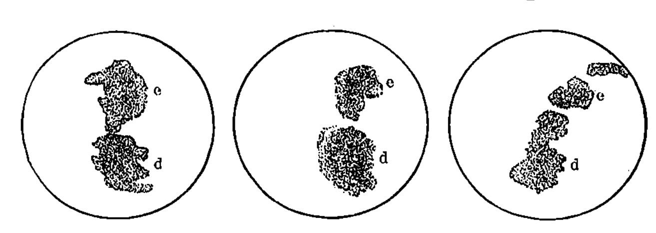
Южное полярное пятно Марса, по рис. Дугласа 5 окт. 1894 г.

Однако, мы попытаемся найти разрѣшеніе этого интереснаго вопроса, сопоставивъ дальнѣйшія наблюденія. Если на Марсѣ, дѣйствительно, выпадаетъ снѣгъ, тамъ должны существовать и облака, и атмосфера, въ которой образуются и носятся облака; затѣмъ воздушныя теченія, которыя переносятъ влагу изъ теплыхъ странъ туда, гдѣ она принимаетъ форму снѣга и льда, и гдѣ она сохраняется въ этой формѣ; и наконецъ моря, гдѣ собирается вода послѣ таянія снѣга и льда. Если бы на Марсѣ все это существовало, то съ земли мы могли бы открыть слѣды такихъ явленій. Облака должны скрывать по временамъ отъ нашихъ взоровъ тѣ области, надъ которыми они проносятся, или появляться въ формѣ непрозрачнаго покрова; о присутствіи вѣтровъ мы судимъ по движенію облаковъ, существованіе суши и моря сказалось бы различной яркостью и окраской неподвижныхъ пятенъ на поверхности. Прежнимъ наблюдателямъ казалось, что они видятъ облака на Марсѣ. Именно Шрётеръ въ Лиліенталѣ, изслѣдователь планетъ въ концѣ прошлаго столѣтія, на основаніи очень многочисленныхъ наблюденій,

*) Въ послѣднее время дѣйств. чл. р. Астроном. Общества Ев. Ал. Роговскій доказалъ теоретическими соображеніями, что полярныя пятна на Марсѣ обязаны своимъ образованіемъ осадкамъ кристаллической углекислоты. Къ тому же выводу пришелъ и проф. Стоней изъ Дублина. *С. Глазенапъ*

считалъ несомнѣнно доказаннымъ существованіе на Марсѣ облаковъ и вѣтра. Въ 46 случаяхъ онъ даже измѣрилъ скорость вѣтра на Марсѣ и нашелъ ее равной скорости вѣтра на землѣ. Наибольшая скорость равнялась по Шрётеру 150 фут. въ секунду; какъ и у насъ, на Марсѣ преобладаютъ, по его мнѣнію, западные вѣтры и при томъ они сильнѣе восточныхъ. Однако, эти наблюденія не подтвердились. Шрётеръ вывелъ свои заключенія изъ того, что нѣкоторыя пятна, принятыя имъ за облака, смѣщались относительно другихъ, которыя имѣли нормальную скорость. Это можно видѣть на трехъ прилагаемыхъ рисункахъ Шрётера е — означаетъ пятно съ нормальной скоростью, d — облака, гонимыя вѣтромъ, по предположенію Шрётера.

Въ дѣйствительности же, какъ было доказано впослѣдствіи, почти во всѣхъ этихъ случаяхъ мы имѣемъ передъ собою постоянныя образованія на поверхности, которыя въ различные дни видимы не одинаково хорошо, а при недостаткахъ телескопа того времени можно было легко впасть въ ошибку, принявъ это явленіе за перемѣщеніе. На основаніи позднѣйшихъ наблюденій возникло мнѣніе, противоположное первому; согласно этому мнѣнію, атмосфера Марса представляетъ вѣчно безоблачную, почти совершенно прозрачную оболочку; случайныя же помутнѣнія нѣкоторыхъ отдѣльныхъ областей объясняются субъективными или иными ошибками наблюденій. За необычайную ясность и чистоту атмосферы Марса, сравнительно съ нашей туманной атмосферой, во всякомъ случаѣ очень краснорѣчиво говоритъ тотъ фактъ, что края видимаго диска планеты кажутся намъ не темнѣе середины; а края планеты должны намъ непремѣнно казаться темпѣе середины диска планеты, если воздухъ Марса приблизительно поглощаетъ столько же свѣта, какъ воздухъ земли.



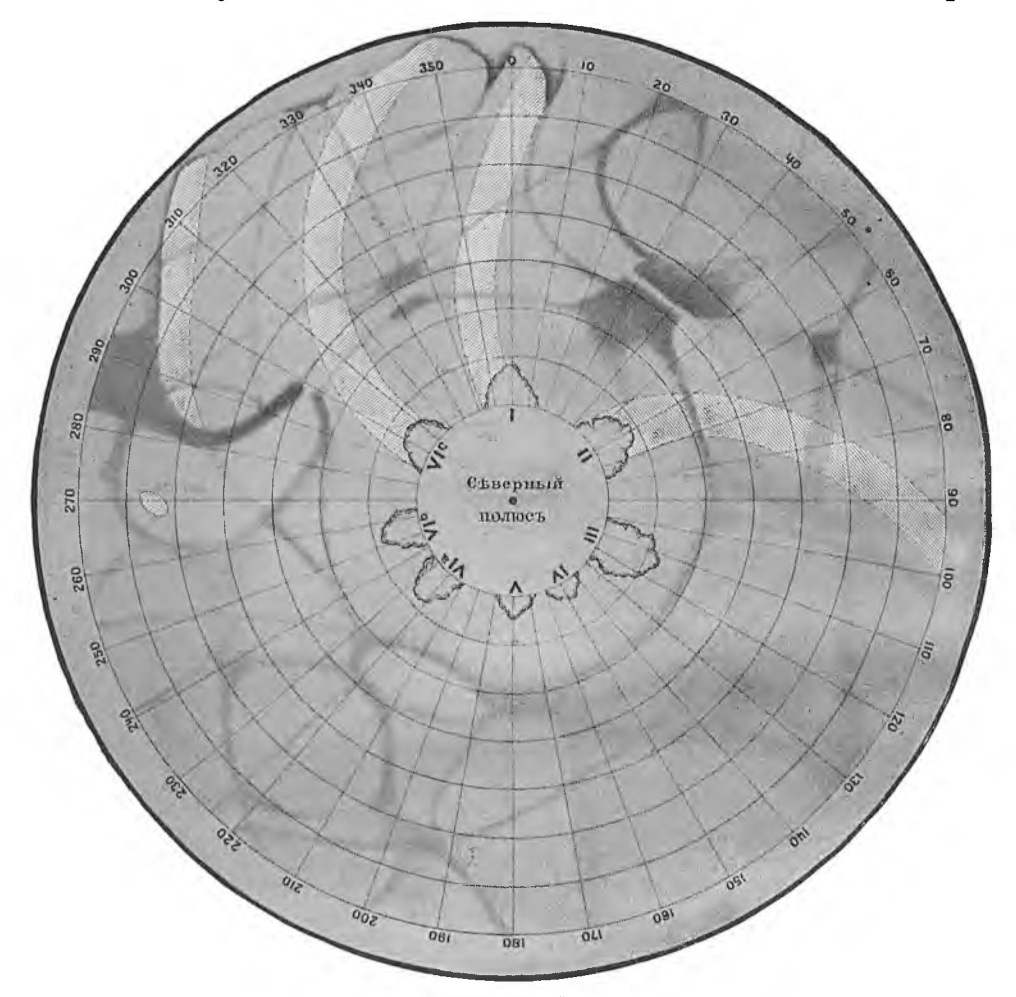
Рисунки Марса по Шрётеру, съ предполагаемыми движущимися облаками.

На основаніи позднѣйшихъ наблюденій, однако, приходится признать справедливость третьяго предположенія.

Скіапарелли неоднократно наблюдалъ, какъ нѣкоторыя области на Марсѣ внезапно окутывались туманомъ. Однажды, когда туманъ исчезъ, прояснившаяся область, окрашенная передъ этимъ въ красновато-желтый цвѣтъ, оказалась бѣлою и только спустя нѣсколько дней приняла опять обычную окраску. Тамъ и сямъ до самаго экватора, на поверхности Марса встрѣчаются бѣлыя пятна. Иныя появляются всегда на одномъ и томъ же мѣстѣ, а въ другихъ мѣстахъ поверхность Марса кажется какъ бы покрытой бѣлыми крапинами: на желтомъ фонѣ сверкаетъ масса бѣлыхъ точекъ. Соблазнительно предположить здѣсь существованіе болѣе высокой мѣстности, гдѣ снѣгъ выпадаетъ чаще, чѣмъ на равнинѣ, и гдѣ на вершинахъ онъ остается долѣе. Очень интересное явленіе наблюдалъ Скіапарелли въ первые мѣсяцы 1882 года на сѣверномъ полушаріи Марса, которое было видимо почти до 70° широты (см. рис. стр. 138). Тогда здѣсь стояла зима. Ниже края выдавались восемь бѣлыхъ выступовъ (обозначены I—VIc). Отъ I, II и VIc изъ этихъ выступовъ тянулись широкія бѣлыя полосы, которыя шли спирально до самаго экватора, нисколько не мѣняясь отъ встрѣчи съ другими образованіями. Долгое время они оставались на одномъ мѣстѣ, затѣмъ поблѣднѣли и наконецъ, когда солнце поднялось выше, совершенно исчезли. Изгибъ спиралей вполнѣ соотвѣтствовалъ тому направленію, въ какомъ

отклоняется, вслѣдствіе вращенія земли, у насъ на землѣ вѣтеръ, дующій отъ полюса къ экватору. Поэтому надо прійти къ тому заключенію, что въ данномъ случаѣ на Марсѣ мы наблюдаемъ холодные воздушные токи, которые направляются отъ полюса и влекутъ за собою выпаденіе снѣга и обледенѣніе.

Самыя послѣднія наблюденія подтверждаютъ, что въ атмосферѣ Марса появляются помутнѣнія. На основаніи своихъ наблюденій надъ Марсомъ

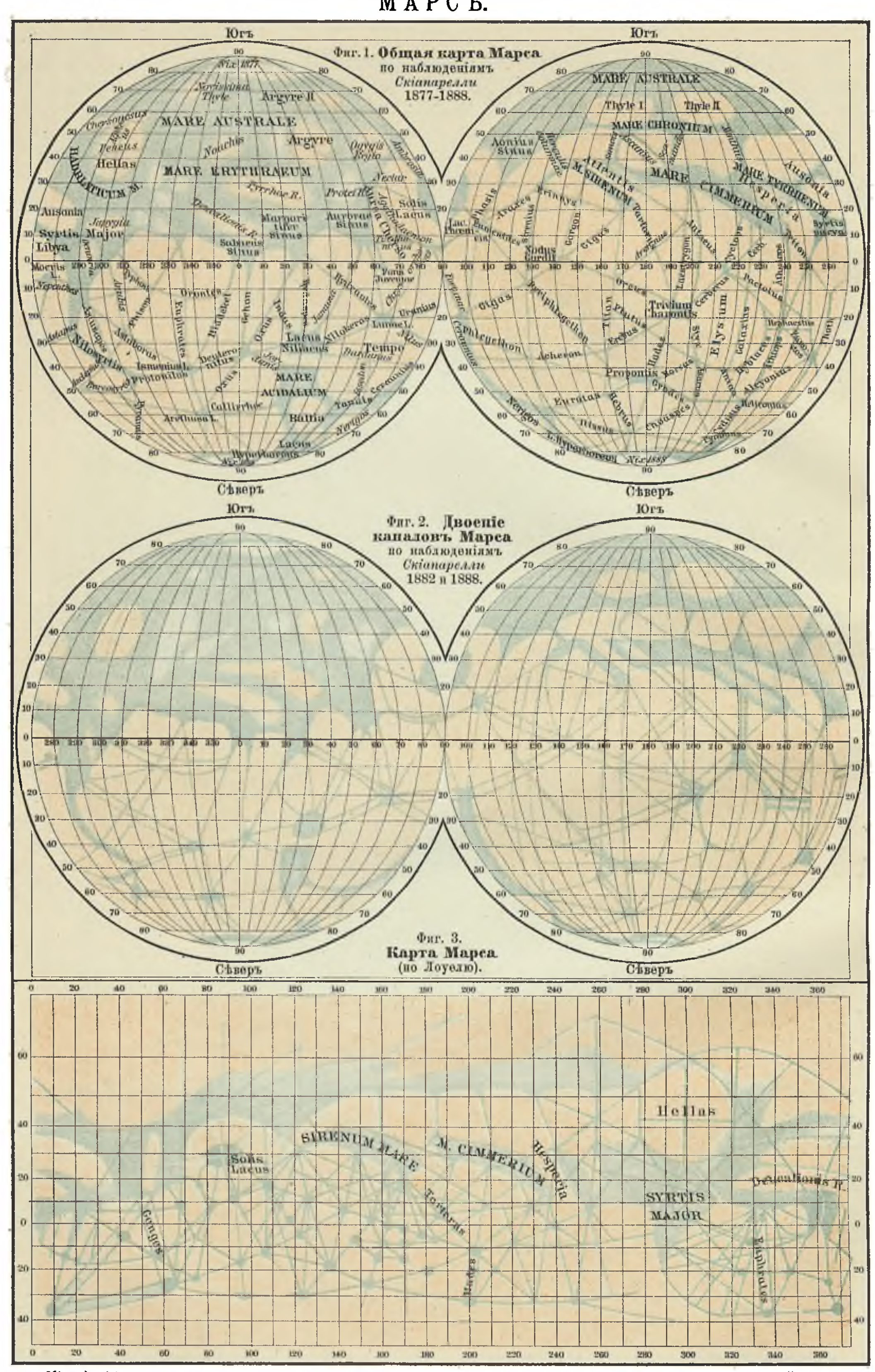


Свѣтлыя полосы на сѣв. полушаріи Марса, видѣнныя Скіапарелли въ началѣ 1882 г.

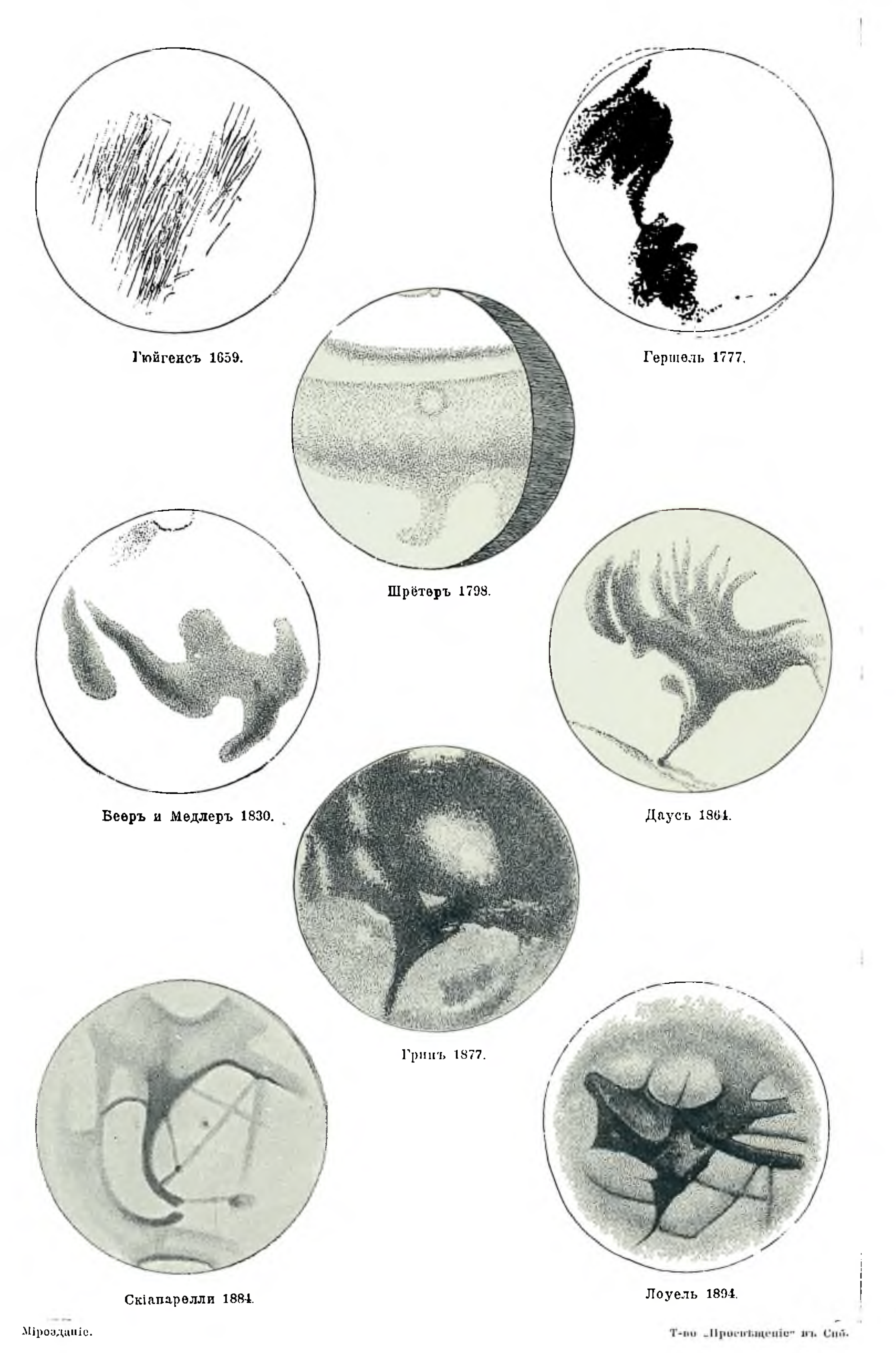
въ 1892 г. въ Ареквипѣ, В. Пиккерингъ высказываетъ слѣдующее мнѣніе: „на этой планетѣ несомнѣнно существуютъ облака, но они отличаются въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ отъ земныхъ облаковъ, именно плотностью и яркостью“. Онъ замѣтилъ въ названный годъ, что южное полярное пятно было очень долго какъ будто окутано покровомъ, и поэтому поводу говоритъ: „вслѣдствіе таянія снѣга, атмосфера Марса была наполнена облаками“. Барнардъ на Ликской обсерваторіи также подтвердилъ присутствіе туманнаго покрова.

Итакъ, если мы должны признать присутствіе на Марсѣ туманныхъ образованій рядомъ съ бѣлыми осадками, то мы въ правѣ также поставить вопросъ, имѣются ли тамъ бассейны, гдѣ собирается вода послѣ таянія и

МАРСЪ.



„Міозданіе“. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.



Міроздапіе.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Syrtis major на Марсѣ,
по наблюденіямъ трехъ столѣтій.

съ поверхности которыхъ вновь поднимаются туманы, завершая этимъ полный круговоротъ преобразованія вещества. Существуютъ ли суша и море на этомъ сосѣднемъ намъ мірѣ? Желтокрасные и голубоватые пятна разнообразнѣйшихъ формъ, разсѣянныя по поверхности планеты, на первый взглядъ какъ бы служатъ утвердительнымъ отвѣтомъ на этотъ вопросъ. Многія сотни рисунковъ указываютъ, что во всякомъ случаѣ масса образованій на Марсѣ имѣютъ постоянное положеніе и неизмѣнную форму съ тѣхъ поръ, какъ ихъ наблюдаютъ. Поэтому уже болѣе 50 лѣтъ тому назадъ можно было составить карты планеты, которыя въ главныхъ чертахъ сохраняютъ свое значеніе и въ настоящее время, хотя развитіе наблюдательнаго искусства внесло существенныя дополненія и улучшенія въ эти первыя попытки рѣшенія столь смѣлой задачи. Лучшей полной картой Марса, изъ всѣхъ, существующихъ до сихъ поръ, остается карта, составленная на основаніи наблюденій, произведенныхъ Скіапарелли въ 1877—78 г.г. Мы даемъ эту карту въ приложеніи въ видѣ цвѣтной таблицы. Приведенныя на ней обозначенія введены Скіапарелли и съ тѣхъ поръ вошли почти во всеобщее употребленіе.

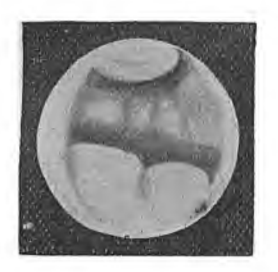
На этой картѣ мы находимъ массу удивительныхъ подробностей. Намъ кажется, какъ будто передъ нами другая земля. Здѣсь мы станемъ говорить только о наиболѣе замѣчательныхъ вещахъ. Прежде всего уже самыя названія показываютъ, что Скіапарелли, а съ нимъ и другіе знатоки Марса, считаютъ желтыя области сушей, а синія—морями, не предрѣшая тѣмъ, однако, что мы имѣемъ здѣсь полное подобіе съ земными образованіями. Желтыя области, какъ можно видѣть, размѣрами далеко превосходятъ синія области. Если первыя, дѣйствительно, представляютъ сушу, то распредѣленіе жидкой и твердой стихій на Марсѣ совершенно иное, чѣмъ у насъ. На землѣ суша занимаетъ менѣе четверти всей поверхности, на Марсѣ наоборотъ поверхность, занятая морями, значительно меньше поверхности суши. Такъ какъ вся поверхность Марса, какъ мы видѣли, равна поверхности земной суши, то въ общемъ суша на Марсѣ занимаетъ немного меньшее пространство, чѣмъ суша на землѣ. Взаимное распредѣленіе суши и воды на Марсѣ также совершенно иное, чѣмъ на землѣ. На немъ нѣтъ материковъ, но мы находимъ одну сплошную большую массу суши. Все сѣверное полушаріе почти исключительно состоитъ изъ суши, и единственное большое море Марса омываетъ южный полюсъ. Но и въ этомъ мѣстѣ вода,—если только поверхность покрыта здѣсь водою,—не отличается въ большинствѣ случаевъ большой глубиной; ибо въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, которыя, напр., на нашей картѣ носятъ обозначенія: Deucalionis Regio, Pyrrhae Regio, Argyre, Hellas (страна Девкаліона, страна Пирры, Аргира, Эллада), кажется, будто суша просвѣчиваетъ сквозь синюю воду, какъ будто бы здѣсь находятся отмели или песчаныя банки; да и въ другихъ мѣстахъ поверхность моря вообще имѣетъ пестрый видъ. Постоянныя темносинія области занимаютъ сравнительно небольшое пространство. Къ нимъ принадлежитъ прежде всего Syrtis Major (Великій Сыртъ)—послѣ бѣлыхъ полярныхъ пятенъ, самый замѣчательный предметъ на поверхности Марса; почти всѣ наблюдатели видѣли и изображали его одинаковымъ. Раньше онъ назывался Дэвисовымъ океаномъ или еще иначе—Моремъ Песочныхъ Часовъ (Hourglass-Sea); послѣднее названіе оно получило за свою заостренную форму. Интересно сопоставить въ хронологическомъ порядкѣ рядъ рисунковъ этой области, сдѣланныхъ различными наблюдателями (см. прилагаемую таблицу). На нихъ мы можемъ видѣть, какіе громадные успѣхи сдѣлало наблюдательное искусство въ теченіе 200 лѣтъ, особенно же въ послѣднія десятилѣтія и какъ соотвѣтственно этому выяснялась передъ нами картина Марса. Едва ли надо говорить, что рисунки, сдѣланные прямо съ изображеній въ телескопѣ, нельзя сравнивать по ихъ

контурамъ съ нашей картой, такъ какъ при составленіи послѣдней избранъ былъ такой способъ проэктированія, который передаетъ краевыя части неукороченными. На самомъ же дѣлѣ мы только на серединѣ диска планеты видимъ предметы такъ, какъ они представлены на картѣ; чѣмъ ближе къ краю диска, тѣмъ острѣе уголъ зрѣнія, подъ которымъ мы видимъ детали поверхности, тѣмъ болѣе укороченными онѣ кажутся намъ.

Нѣкоторые изслѣдователи Марса, особенно В. Пиккерингъ, считаютъ дѣйствительными морями только эти всегда темныя области; остальныя же мѣста, только вообще болѣе, темныя по ихъ мнѣнію, имѣютъ земноводный характеръ, т. е. представляютъ ни сушу, ни море, но бываютъ попеременно то тѣмъ, то другимъ. Дѣйствительно, эти области мѣняютъ часто очень значительно форму и окраску; какъ будто въ извѣстное время на Марсѣ происходятъ громадныя наводненія, не имѣющія по размѣрамъ ничего себѣ подобнаго на землѣ. Очевидно, на Марсѣ границы между моремъ и сушей гораздо менѣе устойчивы, чѣмъ на нашей планетѣ. Сильныя смѣщенія береговыхъ линій, различныя измѣненія иного рода, о которыхъ еще будетъ рѣчь впереди, сопровождаютъ смѣну временъ года и таяніе полярныхъ пятенъ. Одновременно съ этимъ происходятъ перемѣны въ окраскѣ темныхъ областей, которыя подробно изучалъ Пиккерингъ въ 1890, 1892 и 1894 г.г. Этотъ изслѣдователь нашелъ, что на планетѣ часто происходятъ поразительно быстрыя измѣненія въ окраскѣ, которыя только отчасти можно приписать дѣйствію ея атмосферы. Пиккерингъ указываетъ на тотъ фактъ, что, если смотрѣть на зелень земного ландшафта съ горы, она конечно будетъ казаться менѣе зеленой, чѣмъ вблизи, если же на нее упадетъ тѣнь облака или туманъ, то окраска переходитъ въ однообразный сѣрый тонъ; нѣчто подобное наблюдается и на Марсѣ. Сѣверозападная часть Великаго Сырта кажется то сѣрой, то зеленой, то синей, то коричневой и даже фіолетовой. Когда эта область, во время осенняго равноденствія на сѣверномъ полушаріи, находится въ центрѣ диска, то восточная часть кажется замѣтно зеленѣе западной; къ концу года окраска дѣлается тусклѣе и зеленый оттѣнокъ остается только около самаго берегового края. 27 іюня 1890 года за нѣсколько дней до весенняго равноденствія на южномъ полушаріи, появилось желтое пятно въ сѣверовосточномъ углу треугольника Сырта; съ дальнѣйшимъ развитіемъ весны, это пятно увеличивалось и наконецъ заняло всю область. Въ 1892 г. эта же область казалась сначала совершенно зеленой; 9 мая, т. е. почти за двѣ недѣли до весенняго равноденствія, вновь появилось желтое, даже почти красное пятно на томъ же мѣстѣ, какъ и въ 1890 г., причемъ его можно было прослѣдить дальше.

Видъ планеты при смѣнѣ временъ года увлекательно описанъ также Парсиналемъ Ловелемъ, на основаніи его наблюденій, произведенныхъ въ 1894 г. Онъ говоритъ: „Въ самый разгаръ таянія снѣга, въ темныхъ областяхъ появились длинныя полосы еще болѣе темнаго цвѣта. Я не видалъ, откуда они пришли, но такъ какъ я видѣлъ ихъ движеніе, то несомнѣнно, что они должны были явиться откуда-то со стороны. Самая замѣтная изъ нихъ лежала между Ноахидой и Элладой въ Южномъ морѣ и пересѣкала затѣмъ Эритрейское море до Сырта. Слѣдующая замѣтная полоса спускалась между Элладой и Авзоніей. Темная окраска морей, черезъ которую шли полосы, достигала въ это время наибольшей интенсивности; тѣмъ не менѣе окраска полосъ была замѣтна еще темнѣе. Тотъ фактъ, что полосы пересѣкали такъ называемыя морскія поверхности, вновь вызываетъ сомнѣніе, дѣйствительно ли эти послѣднія области настоящія моря. Темные области въ теченіе нѣкотораго времени оставались почти неизмѣнными, но процессъ таянія снѣжнаго пятна шелъ очень интенсивно. Затѣмъ начался періодъ высыханія. Свѣтлыя части становились еще свѣтлѣе, темныя—менѣе

темными. Появились всевозможные оттѣнки. Для этого періода очень характерно было то, что стали неотчетливыми контуры острововъ въ Южномъ морѣ. Темныя и свѣтлыя части незамѣтно сливались другъ съ другомъ. По сравненію съ картами Марса эти области какъ будто были наводнены, но только особеннымъ образомъ: по всей вѣроятности, онѣ были покрыты растительностью въ различныхъ стадіяхъ развитія, благодаря тому, что были затоплены сравнительно небольшимъ количествомъ воды. Цвѣтъ этихъ темныхъ областей былъ тогда на мой взглядъ несомнѣнно синевато-зеленый. Затѣмъ онъ постепенно блѣднѣлъ, замѣняясь оранжево-желтымъ. При всѣхъ этихъ интересныхъ перемѣнахъ, какія представляетъ въ теченіи года ликъ Марса, одни только большіе материки остаются почти неизмѣнными, если не считать нѣкоторыхъ колебаній въ яркости, наблюдающихся въ различныхъ мѣстахъ. Окраска и неизмѣнность материковъ указываютъ на то, что здѣсь мы имѣемъ образованія, родственныя красноватымъ пустыннымъ областямъ нашей земли. Названныя области не обнаруживаютъ измѣненій, такъ какъ уже потеряли способность къ этому". Ловель присоединяетъ къ своимъ со-


Іюнь.


Августъ.


Октябрь.

Мѣстность на Марсѣ „Гесперія", по рисункамъ Ловеля въ 1894 г.

общеніямъ между прочимъ три прилагаемые здѣсь рисунка, представляющіе окрестности Гесперіи; они прекрасно иллюстрируютъ явленіе, которое онъ называетъ „высыханіемъ".

Ловель, а также и Пиккерингъ держатся того взгляда, что такъ называемыя моря суть только глубже лежащія области, низины, куда прежде всего стекаетъ образующаяся отъ таянія вода, которая каждое лѣто, подобно разливамъ Нила, дѣлаетъ плодородной болотистую почву. Темнымъ цвѣтомъ эти области обязаны не водѣ, но растительности, которая мѣняется съ перемѣной времени года и развивается на счетъ разливовъ. Въ цѣломъ Марсъ представляется міромъ, бѣднымъ водою; материки его—мертвыя пустыни, лишенныя всякаго движенія; вся жизнь на немъ сосредоточена въ морскихъ бассейнахъ, которые нѣкогда были наполнены водою, а нынѣ заливаются отъ времени до времени. Къ этимъ вопросамъ мы еще вернемся, когда познакомимся съ исторіей развитія свѣтилъ и найдемъ подтвержденіе тому, что постепенное уменьшеніе воды на небесныхъ тѣлахъ является очень вѣроятнымъ.

Мнѣніе флагстаффскихъ астрономовъ примиряетъ до нѣкоторой степени два крайнія воззрѣнія, высказанныя въ самое послѣднее время. Шеберле, работающій на Ликской обсерваторіи, твердо держится противоположнаго убѣжденія, именно, что свѣтлыя области Марса суть моря, а темныя—суша. Онъ выводитъ это, во-первыхъ, изъ того наблюденія, что на землѣ вода очень часто кажется свѣтлѣе суши; во-вторыхъ, изъ опытовъ, которые онъ дѣлалъ съ ваннами, наполненными водой и ртутью: но главнымъ образомъ изъ того факта, что болѣе темныя области на Марсѣ испытываютъ постоянныя измѣненія въ цвѣтѣ, тогда какъ желтыя остаются по-

чти неизмѣнными; а неизмѣнность—характерная черта моря. Темныя линіи, пересѣкающія желтыя области, и сравниваемыя съ каналами, могутъ быть, по его мнѣнію, горными цѣпями, вершины которыхъ выдаются изъ воды въ видѣ гряды острововъ; нѣчто подобное встрѣчается въ нѣкоторыхъ мѣстахъ и на землѣ.

Скіапарелли выставляетъ противъ этого мнѣнія тотъ аргументъ, что вода, глубиной въ 100—150 м., поглощаетъ $^{49}/_{50}$ отвѣсно падающаго на нее свѣта и отражаетъ только $^{1}/_{50}$; поэтому на большомъ разстояніи моря непремѣнно должны казаться темнѣе суши, которая поглощаетъ гораздо менѣе свѣта. Онъ приводитъ, какъ примѣръ, альпійскія озера, которыя можно наблюдать подъ тѣмъ же угломъ, какъ и моря Марса; они всегда кажутся гораздо темнѣе окружающей суши, и большей частью имѣютъ густой черный цвѣтъ. „Но если,—продолжаетъ миланскій изслѣдователь,—эти моря состоятъ изъ молока или изъ жидкой сѣры, то конечно, мое разсужденіе не примѣнимо“. Указаніе на альпійскія озера, дѣйствительно, очень убѣдительно. Внизу, при нашемъ небѣ, которое часто покрыто плотными бѣлыми облаками, или которое отъ большого содержанія влаги имѣетъ блѣдноголубой цвѣтъ, зеркальная поверхность воды, отражая подъ извѣстнымъ угломъ яркое свѣтлое небо, также, конечно, можетъ казаться свѣтлой. Но на альпійскихъ высотахъ воздухъ значительно рѣже и небо много темнѣе. Точно такія же условія, вѣроятно, существуютъ и на Марсѣ. Однако, остается въ силѣ послѣдній доводъ Шеберле: темныя области слишкомъ измѣнчивы, чтобы ихъ считать морями. Здѣсь то и является, какъ примиреніе, мнѣніе Пикеринга и Ловеля, такъ какъ области, покрытыя растительностью, во всякомъ случаѣ будутъ казаться темнѣе, чѣмъ дикія песчаныя пустыни, вообще безплодная суша. Потемнѣніе отдѣльныхъ частей этихъ такъ называемыхъ морей, можно объяснить тогда разливами воды, происходящими время отъ времени.

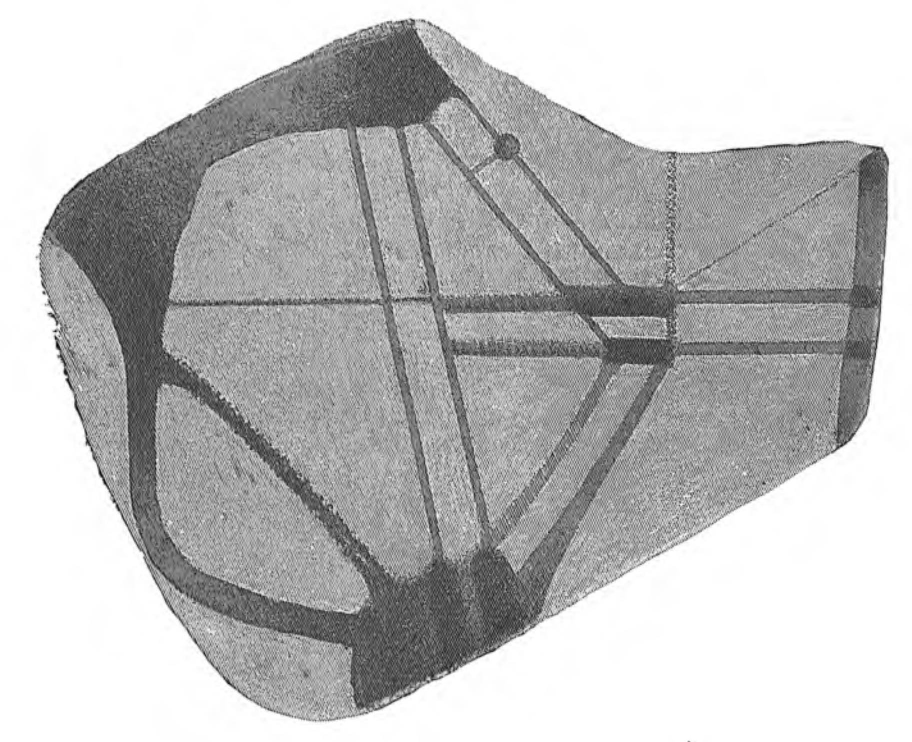
Если справедливо послѣднее мнѣніе, то своеобразныя полосы, пересѣкающія области суши и считаемыя до сихъ поръ каналами, должны быть истолкованы иначе. Каналы эти—самое удивительное изъ всего, что только можно наблюдать на поверхности Марса; пожалуй даже, это одно изъ самыхъ знаменательныхъ указаній, какія вообще даетъ намъ небо. Они идутъ прямолинейно черезъ сушу, начинаются всегда отъ моря и оканчиваются или въ другомъ морѣ, или въ озерѣ, или въ точкѣ пересѣченія съ однимъ или нѣсколькими другими каналами. Никогда каналъ не начинается и не оканчивается среди суши, никогда не дѣлаютъ они извивовъ, хотя иногда наблюдаются красивые изгибы. Но весь внѣшній видъ каналовъ не имѣетъ даже отдаленнаго сходства съ русломъ рѣки. Они образуютъ удивительную систему соединеній. Съ нашей земной точки зрѣнія трудно представить болѣе цѣлесообразную систему для сообщенія между предполагаемыми водными бассейнами Марса. Такъ какъ у насъ природа не создала такихъ образованій, которыя подходили бы къ условіямъ легчайшаго сообщенія, то при взглядѣ на эту развѣтленную систему линій является мысль, что она есть дѣло разумныхъ существъ. Слѣдовательно, наши разсужденія сводятся главнымъ образомъ къ двумъ вопросамъ: можно-ли объяснить образованіе этихъ поверхностныхъ формъ. по аналогіи съ земными, исключительно дѣйствіемъ однѣхъ силъ природы, или, въ случаѣ отрицательнаго отвѣта на этотъ вопросъ, можемъ ли мы приписать возникновеніе этихъ прямолинейныхъ образованій дѣятельности существъ, подобныхъ намъ. Мы должны напередъ отказаться отъ допущенія неизвѣстныхъ намъ силъ природы или такихъ существъ, способности которыхъ въ невѣроятной степени превосходятъ наши; хотя существованіе обоихъ факторовъ возможно и даже вѣроятно. Подобное допущеніе не даетъ намъ понятныхъ объясненій. Такія силы и такія существа были бы для насъ сами

по себѣ непостижимы, ими можно объяснить все, и значитъ не объяснить ничего. Мы не останавливалась бы на этомъ, если бы съ разныхъ сторонъ не приводили подобныхъ доказательствъ, недоступныхъ нашимъ чувствамъ. Объяснять непонятое непонятнымъ дѣло очень легкое. Прежде чѣмъ отвѣчать на поставленные выше вопросы, разсмотримъ самыя важныя явленія этихъ загадочныхъ образованій.

При первомъ взглядѣ прежде всего бросается въ глаза распредѣленіе каналовъ на островѣ Элладѣ, который лежитъ какъ разъ къ югу отъ Великаго Сырта. Этотъ островъ пересѣченъ двумя „каналами": изъ нихъ одинъ направляется какъ разъ съ сѣвера на югъ, другой съ запада на востокъ, такимъ образомъ они встрѣчаются на серединѣ острова подъ прямымъ угломъ. По временамъ одинъ изъ квадрантовъ, образующихся между каналами, „заливается". Потемнѣніе тогда доходитъ какъ разъ до обоихъ каналовъ, ограничивающихъ квадрантъ. Другую особенность представляетъ область, называемая Таумазія. Она составляетъ часть большого материка, но отдѣляется отъ него изогнутымъ каналомъ; отъ южнаго моря она ограничена также изогнутой линіей. Поэтому поверхность ея имѣетъ форму почти правильнаго круга. Приблизительно въ срединѣ ея находится круглое темное пятно довольно большихъ размѣровъ, это Солнечное озеро (Lacus Solis) Оно соединяется съ одной стороны съ южнымъ моремъ при помощи канала, выходящаго съ южной стороны озера, а двѣ другія линіи соединяютъ это большое озеро съ русломъ, ограничивающимъ эту область съ сѣвера. Трудно придумать болѣе цѣлесообразный планъ для того, чтобы установить сообщеніе между Солнечнымъ озеромъ и океаномъ съ одной стороны и развѣтленной системой каналовъ суши съ другой. Когда внутри суши встрѣчается нѣсколько каналовъ, то въ точкѣ ихъ пересѣченія часто образуется небольшое, а иногда довольно значительное озеро, какъ это можно видѣть въ различныхъ мѣстахъ на нашихъ картахъ.

Въ высшей степени изумителенъ тотъ полный значенія порядокъ, какой представляетъ система каналовъ въ цѣломъ. Хотя каналы пересѣкаются подъ всевозможными углами, но нѣкоторые изъ нихъ всегда остаются параллельными между собою или же такимъ образомъ расположены относительно меридіановъ Марса, что въ проэкціяхъ на картѣ оказываются параллельными. Всѣ каналы такой системы пересѣкаются со всѣми каналами второй подобной системы всегда подъ однимъ и тѣмъ же угломъ. Наприм., какъ разъ съ сѣвера на югъ приблизительно подъ 240° долготы тянется Эфіопсъ, огибающій двѣнадцатую часть всей планеты, слѣдовательно, имѣющій 5000 км. длины, т. е. равный разстоянію между Римомъ и Петербургомъ. Параллельно съ нимъ идутъ Галаксіасъ, Евфратъ, проходящій болѣе 80 градусовъ широты, Анубисъ, Астусапъ и ранѣе упомянутый каналъ на Элладѣ — Алфей. Съ этой системой пересѣкаются подъ прямымъ угломъ немногіе каналы, такъ—второй каналъ на Элладѣ, затѣмъ значительно сѣвернѣе — Геликоній и нѣсколько изогнутый каналъ—Каллиррое. Противъ этой системы, только немного югозападнѣе, находится богатая сѣть каналовъ; ея параллельныя линіи, идущія съ сѣвера на югъ, суть слѣдующія, считая отъ запада къ востоку: Лета, Циклопъ, Гадесъ-Лестригонъ, Титанъ, Горгонъ, Сирепій, Ирисъ, Гегонъ. Нѣсколько далѣе идутъ въ югозападномъ направленіи слѣдующіе: Ямуна, Оксусъ, Гиддекель, Физонъ и параллельно съ ними идетъ западный берегъ Великаго Сырта. Этотъ громадный заливъ суживается къ сѣверу въ Нильскій Сыртъ, который изгибается красивой дугой и подъ угломъ въ 90° подходитъ къ названному берегу, т. е. идетъ перпендикулярно къ описанной системѣ каналовъ. Параллельно съ нимъ идутъ Астраборъ, Тифонъ, Іорданъ, Гидраотесъ-Нилъ и наконецъ необычайно длинный Пирифлегетонъ, который соединяетъ совершенно прямой линіей озеро Пропонтиду, лежащее подъ 45° сѣверной широты, съ Солнеч-

нымъ озеромъ, лежащимъ между 20 и 30⁰ южной широты. Еще болѣе наклонно идетъ самая отчетливая и самая интересная система каналовъ, образующая съ кругами долготы и широты, уголъ почти точно въ 45⁰. Къ ней принадлежатъ въ высшей степени своеобразныя, удлиненныя моря южнаго полушарія, между которыми остаются длинные косы и перешейки; можно думать, что эти моря представляютъ ни что иное, какъ затопленную сушу между каждой парой параллельныхъ каналовъ, образующихъ въ данномъ случаѣ береговыя линіи, какъ это мы видѣли на квадрантѣ Эллады. Эта система характеризуется темными областями, названными Тирренскимъ мо-



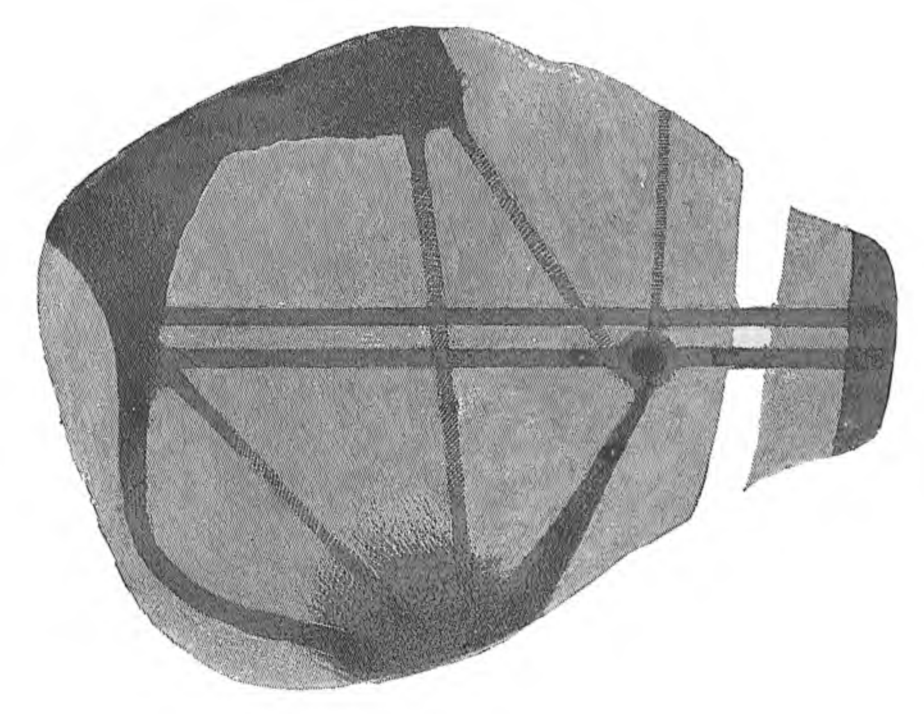
Каналы на планетѣ Марсъ, къ западу отъ Нильскаго Сырта, по рис. И. В. Скіапарелли въ 1883/84 гг.

ремъ, Киммерійскимъ моремъ и моремъ Сиренъ, между которыми лежатъ свѣтлыя—Гесперія и Атлантида. Параллельно имъ, къ востоку отъ Таумазіи, идутъ области Пирры и Девкаліона. Внутри суши тянутся въ одномъ направленіи съ берегами описанныхъ только что морей, хотя довольно далеко отъ нихъ, длинныя линіи Евменида и Флеготона. Перпендикулярно къ морю Сиренъ идутъ Церберъ, Авернъ, Гигантъ и Араксъ.

Будь извѣстна намъ причина параллелизма во всей системѣ каналовъ, тогда насъ не удивило бы и то, что внутри параллельной системы нѣкоторые каналы являются удвоенными, и вмѣсто одной темной линіи идутъ двѣ рядомъ. Подобныя удвоенія, замѣченныя Скіапарелли, изображены на второмъ плоскошаріи нашего приложенія. Эти удвоенія надо во всякомъ случаѣ приписать тѣмъ же причинамъ, какъ и параллелизмъ остальныхъ каналовъ. Наша карта двойныхъ каналовъ изображаетъ почти исключительно такіе каналы, которые принадлежатъ большимъ, только что описаннымъ системамъ; такъ напр., одновременно съ Киммерійскимъ моремъ, которое дѣлилось удлиненнымъ островомъ на два параллельныхъ морскихъ рукава, параллельные ему Евменидъ, Гидраотъ и Астаборъ, а также пер-

пендикулярные къ морю Сиренъ,—Церберъ, Авернъ и Гигантъ, казались двойными.

Всѣ эти удвоенія видны только по временамъ; точно также съ теченіемъ времени мѣняется и видъ всей системы каналовъ. Въ нѣсколько недѣль или даже дней каналъ или его удвоеніе можетъ появиться, или совершенно исчезнуть; повидимому, это явленіе стоитъ также въ связи со смѣной временъ года. Видъ всего ландшафта можетъ вслѣдствіе этого совершенно измѣниться, какъ видно изъ рисунковъ на стр. 144 и 145. На нихъ изображена область, лежащая къ западу отъ Нильскаго Сырта, какою ее видѣлъ Скіапарелли въ 1883—84 гг. и въ 1886 г.



Каналы на Марсѣ; та же область, что на предыдущемъ рисункѣ. Рис. Скіапарелли, 1886 г.

Этотъ изслѣдователь такъ описываетъ таинственный процессъ раздвоенія: „Довольно часто я видѣлъ, какъ обѣ линіи одновременно выдѣлялись изъ сѣрой, болѣе или менѣе плотной туманной массы, которая тянулась вдоль каналовъ, и я готовъ думать, что это туманообразное состояніе есть главное условіе при образованіи удвоенія. Однако, отсюда не слѣдуетъ заключать, что мы имѣемъ въ данномъ случаѣ дѣло съ такими предметами, которые извѣстное время остаются скрытыми въ какомъ то туманѣ и затѣмъ становятся видимы, когда онъ исчезаетъ. На сколько я могу судить, то, что здѣсь кажется туманомъ, не служитъ препятствіемъ, скрывающимъ уже существующіе предметы, но представляетъ вещество, изъ котораго выдѣляются не существовавшія раньше формы. Яснѣе сказать, этотъ процессъ нельзя сравнить съ постепеннымъ выступаніемъ предметовъ изъ расходящагося тумана, но скорѣе съ постепеннымъ выстраиваніемъ въ ряды и колонны массы солдатъ, стоявшихъ въ безпорядкѣ. Долженъ прибавить, что на мои слова нужно смотрѣть, какъ на впечатлѣніе, а не какъ на продуманный результатъ спеціальныхъ наблюденій“.

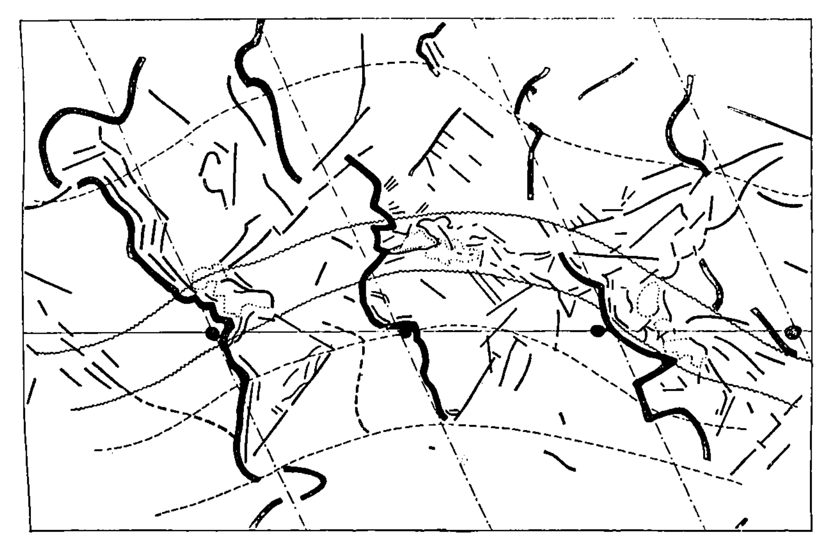
Переходимъ теперь къ разрѣшенію вопросовъ, поставленныхъ выше

Первый вопросъ слѣдующій: возможно ли, на основаніи извѣстныхъ намъ явленій, считать каналы произведеніями природы? На нашей землѣ нѣтъ во всякомъ случаѣ подходящаго примѣра. Это не могутъ быть рѣки, какъ мы уже говорили. Такихъ прямолинейно текущихъ рѣкъ нѣтъ; онѣ всѣ начинаются среди суши незамѣтными ручьями и принимаютъ въ себя притоки, вслѣдствіе чего ихъ русла къ устью все болѣе и болѣе расширяются. Каналы Марса, напротивъ, имѣютъ одинаковую ширину отъ начала до конца, и ни одна изъ нашихъ самыхъ большихъ рѣкъ не достигаетъ такой ширины. Самый широкій изъ каналовъ, Нильскій Сыртъ, отъ одного берега до другого имѣетъ не меньше 300 км., что равно ширинѣ Балтійскаго моря въ самомъ широкомъ его мѣстѣ. Большинство же каналовъ, которые пересѣкаютъ сушу часто на протяженіи болѣе четверти всей окружности планеты, имѣютъ все еще значительную ширину около 60 км., т. е. приблизительно ширину Финскаго залива или пролива Каттегата. Самыя тонкія линіи, которыя при благопріятныхъ условіяхъ еще можно различать на Марсѣ, имѣютъ, навѣрное, не меньше 30 км. въ ширину. Рѣка Амазонская достигаетъ такой ширины только около самой своей дельты, а въ самой широкой части внутри суши имѣетъ не болѣе 15 км. Слѣдовательно, если бы каналы Марса были рѣчными руслами въ знакомомъ намъ смыслѣ этого слова, то они должны бы указывать на огромное обиліе воды; однако, мы не находимъ подтвержденія этому въ другихъ наблюденіяхъ.

Эта то громадная ширина и вызывала всегда сомнѣнія въ томъ, что данныя образованія суть водныя русла, подобныя нашимъ земнымъ каналамъ. Мы уже знаемъ, что Шеберле считаетъ ихъ горными цѣпями, которыя выдаются изъ морей, какъ гряды острововъ. Ширина и длина ихъ подходитъ къ размѣрамъ соотвѣтственныхъ топографическихъ формъ на землѣ. Но непреодолимой трудностью является въ данномъ случаѣ ихъ распредѣленіе. Мы не знаемъ на землѣ такихъ горныхъ цѣпей, которыя представляли бы параллельныя системы, подобныя каналамъ Марса. Такъ, напр., параллельно такому хребту, какъ Кордильеры, длина которыхъ соотвѣтствуетъ длинѣ нѣкоторыхъ каналовъ, должно бы идти множество другихъ горныхъ хребтовъ, одинъ изъ нихъ, напр., поперекъ Азіи; кромѣ того Кордильеры должны бы пересѣкаться другими хребтами, идущими по одному направленію; притомъ горный кряжъ долженъ повсюду имѣть одинаковую ширину. Но всѣ эти условія никакъ не могутъ существовать при тѣхъ причинахъ, какими вызвано происхожденіе нашихъ горъ. Образованіе подобныхъ горныхъ цѣпей невозможно было бы на землѣ.

Иные изслѣдователи считали каналы зіяющими трещинами, пересѣкающими поверхность Марса. Если на землѣ нѣтъ подобныхъ образованій, за то намъ несомнѣнно извѣстно, что они существуютъ на лунѣ. Изъ всего, что мы уже сообщили о Марсѣ, и изъ всего послѣдующаго, мы должны вывести заключеніе, что это небесное тѣло по своему характеру представляетъ среднее состояніе между землей и луной, и имѣетъ болѣе сходства съ послѣднею. Были сдѣланы опыты съ каучуковыми шарами, покрытыми парафиномъ, съ цѣлью изучить дѣйствіе сжатія и растяженія на части неупругой поверхности. Когда шаръ спадался, на немъ появлялись образованія, подобныя нашимъ горнымъ хребтамъ, когда же онъ растягивался, то образовывались широкія системы трещинъ, пересѣкавшіяся между собою. Въ нихъ можно бы видѣть сходство съ каналами Марса, если оставить въ сторонѣ правильное распредѣленіе этихъ каналовъ. Послѣднее условіе всегда будетъ служить непреодолимымъ препятствіемъ ко всякой попыткѣ объяснить происхожденіе каналовъ Марса силами природы. Правда, и на землѣ мы также находимъ сходство въ формѣ нѣкоторыхъ земныхъ частей, такъ, напр., въ длинныхъ линіяхъ береговъ, которые идутъ даже почти параллельно, какъ можно видѣть на стр. 147; но эти явленія далеко не

похожи на поразительно сходные между собою каналы Марса, какъ бы проведенные по линейкѣ. Прямыя линiи, которыхъ не существуетъ въ топографiи земли, достигаютъ, какъ мы видѣли, громадныхъ размѣровъ на лунѣ. Хотя мы и тамъ не знаемъ ихъ происхожденія, но для насъ не можетъ быть сомнѣнія, что это образованія природы. Можно ли сравнить съ ними каналы Марса? На этотъ вопросъ мы сразу должны отвѣтить отрицательно. Системы лучей на лунѣ, какъ показываетъ уже самое слово, исходятъ изъ одной точки; причина, вызвавшая ихъ появленіе, очевидно дѣйствовала въ этой точкѣ; значительнымъ давленіемъ мы можемъ вызвать на шарѣ линiи, положеніе которыхъ какъ разъ соотвѣтствуетъ расположенію системы лучей. Это показываетъ, что явленіе лучей можно объяснить дѣйствіемъ извѣстныхъ силъ природы. Распредѣленіе системъ линiй на Марсѣ совершенно иное, несомнѣнно, и причина ихъ возникновенія совершенно другая.



Параллельныя береговыя линiи земныхъ материковъ (по В. Принцу).

Правда, природа постоянно создаетъ въ громадныхъ количествахъ математически правильныя параллельныя системы, раскалывающіяся подъ извѣстнымъ угломъ: это **кристаллы**. Ихъ образованіе, которое мы можемъ наблюдать, когда захотимъ, все еще остается для изслѣдователя необъясненнымъ чудомъ. Не можетъ ли происхожденіе каналовъ на Марсѣ обусловливаться той же таинственной силой? Скіапарелли, дѣйствительно, однажды высказалъ подобную идею. Онъ говоритъ: „Въ природѣ существуетъ геометрическая правильность во многихъ другихъ явленіяхъ, гдѣ совершенно не можетъ быть никакого искусственнаго вмѣшательства. Такъ, необычайно совершенныя шарообразныя формы міровыхъ тѣлъ и кольца Сатурна сдѣланы не на токарномъ станкѣ; радуга не циркулемъ проводитъ въ облакахъ свою прекрасную правильную дугу. А что мы должны сказать о безконечномъ разнообразіи красивыхъ и симметрически построенныхъ тѣлъ, какія мы встрѣчаемъ въ царствѣ кристалловъ! И наконецъ, въ органическомъ мірѣ развѣ не лучшія геометрическія правила опредѣляютъ расположеніе листьевъ въ нѣкоторыхъ растеніяхъ, симметрическія формы цвѣтковъ, а также лучистыхъ морскихъ животныхъ, и наконецъ, красивые спиральные домики раковинъ, планъ которыхъ не уступаетъ плану красивѣйшихъ готическихъ зданій? Во всѣхъ этихъ случаяхъ геометрическія формы

представляютъ простыя и необходимыя слѣдствія законовъ, господствующихъ въ физическомъ и физіологическомъ мірѣ".

Эти остроумныя указанія миланскаго изслѣдователя, конечно, не претендуютъ на роль продуманной гипотезы. На самомъ дѣлѣ трудно найти въ земной природѣ намекъ на то, что можетъ существовать такая кристаллообразующая сила, которая дѣйствовала бы въ громадныхъ міровыхъ тѣлахъ. Природа въ состояніи производить нѣкоторыя вещи всегда только въ извѣстныхъ размѣрахъ. Впрочемъ, противъ возможности кристаллизаціи при образованіи каналовъ Марса нельзя сказать ничего рѣшительнаго, потому что невозможно поставить логическихъ предѣловъ неизвѣстному дѣйствію той силы, которая приводитъ въ порядокъ атомы. Объ извѣстныхъ вещахъ мы можемъ точно сказать, что̀ онѣ могутъ сдѣлать, и чего не могутъ. Но то, что не изслѣдовано, можетъ оказывать свое дѣйствіе всюду, а мы въ правѣ судить о подобномъ дѣятелѣ только постольку, поскольку онъ доступенъ нашему опыту. На основаніи нашихъ наблюденій, нигдѣ не проявляется вліянія кристаллизаціи въ образованіи большихъ формъ на поверхности мірового тѣла. Насколько намъ извѣстно, параллельныя системы въ мертвой природѣ образуются только въ кристаллахъ. Поэтому съ данной точки зрѣнія, параллельныя системы на Марсѣ остаются для насъ необъяснимыми, и мы не можемъ сдѣлать ихъ хоть сколько нибудь доступными пониманію.

Совершенно иначе представляется дѣло, если признать вліяніе органической природы. Явленія органическаго міра такъ безконечно разнообразны, сложны и удивительны, что отъ нихъ можно ожидать всего. Приведемъ здѣсь, напр., наблюденіе путешественника Мицона, который разсказывалъ, что нѣкоторыя африканскія пустыни пересѣкаются совершенно прямыми областями, покрытыми растительностью и имѣющими протяженіе до 400 км. Онѣ должны казаться темнѣе вокругъ лежащаго песчанаго моря, и если бы видѣть ихъ съ такого разстоянія, на какомъ находятся планеты, то общимъ своимъ видомъ онѣ производили бы впечатлѣніе каналовъ Марса. Вдоль этихъ полосъ отъ оазиса къ оазису перебѣгаютъ обезьяны и на своемъ пути разбрасываютъ различныя сѣмена, благодаря чему весь этотъ путь въ теченіе столѣтій покрылся зеленью. Какими прекрасными строителями дорогъ оказываются кочевыя животныя, это мы видимъ повсюду на землѣ. Вспомните, напр., муравьевъ; вспомните о тѣхъ путяхъ сообщенія, какія проводятъ между своими логовищами бобры и другія общественно живущія на землѣ животныя, какъ, напр., луговыя собаки, населяющія всю Сѣверную Америку. Всѣ эти дороги имѣютъ прямолинейное направленіе, если тому не препятствуетъ почва. Это можетъ навести на мысль о грандіозныхъ перекочевкахъ болѣе крупныхъ кочевыхъ животныхъ, передвиженіе которыхъ на Марсѣ связано со смѣною временъ года подобно перелету нашихъ птицъ. Появленіе „каналовъ" можно бы было объяснить весеннимъ зазеленѣніемъ растительности на этихъ кочевыхъ путяхъ. Но всѣ подобныя попытки разбиваются объ удивительный параллелизмъ, о систематическій распорядокъ этихъ дорогъ, который ясно говоритъ о какой-то общей силѣ, распространяющей свое дѣйствіе на всю планету. Если мы предположимъ даже, что многія животныя кочуютъ по прямымъ дорогамъ, по направленію къ областямъ, которыя даютъ имъ по временамъ болѣе обильную пищу, то нельзя понять, почему эти передвиженія въ различныхъ частяхъ свѣта на Марсѣ происходятъ всегда параллельно, и почему эти дороги пересѣкаются всегда подъ опредѣленнымъ угломъ; по крайней мѣрѣ, на землѣ мы не имѣемъ ничего подобнаго. Только единеніе всѣхъ этихъ существъ для одной и той же цѣли можетъ произвести подобную систему. Но такую объединяющую силу, которая связываетъ группы существъ для общихъ дѣйствій, мы называемъ разумомъ. Въ ограниченной степени эту способность мы

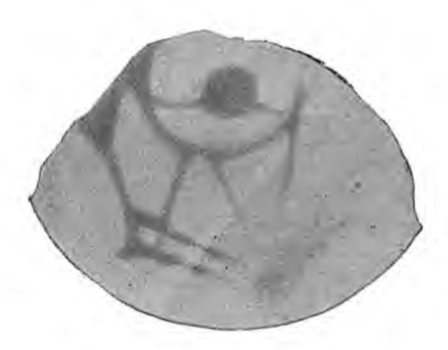
должны признать и въ животныхъ, изгоняя неопредѣленное понятіе инстинкта.

Такимъ образомъ мы приходимъ наконецъ къ убѣжденію, которое кажется намъ неизбѣжнымъ, что только разумныя существа могли создать прямо или косвенно эти каналы Марса. И далѣе, судя по тому, что сѣть дорогъ покрываетъ всю планету по единому стройному плану, мы приходимъ къ убѣжденію, что существа, работу которыхъ мы видимъ на разстояніи, отдѣляющемъ міровыя тѣла, должны обладать высокой степенью разумности.

Но будемъ ли мы считать эти соединенія за водные пути или настоящіе каналы, или за сухопутныя дороги, громадная ширина ихъ будетъ во всякомъ случаѣ ставить насъ втупикъ; рядомъ съ общимъ столь разсчетливымъ расположеніемъ эта ширина для насъ остается непонятной. Чтобы не запутаться въ фантастическихъ вымыслахъ, мы допускаемъ только такія условія, для которыхъ на землѣ можно отыскать нѣкоторое подобіе. Но мы значительно перейдемъ положенныя границы, допуская, что разумныя существа могутъ создать на Марсѣ каналы или дороги въ 30 и болѣе километровъ ширины. Это превосходитъ наше воображеніе: ни условій работы, ни повода къ такимъ сооруженіямъ мы представить не въ состояніи. Однако, нетрудно показать, что расширеніе дорогъ, сначала распланированныхъ нормально, могло произойти на этой планетѣ безъ участія ихъ строителей и даже при извѣстныхъ условіяхъ помимо ихъ желанія. Представимъ себѣ, что по тѣмъ направленіямъ, по которымъ мы видимъ теперь широкія линіи, были, дѣйствительно, проложены каналы нормальной ширины. Когда на одномъ полушаріи начинается таяніе снѣга, по этимъ каналамъ избытокъ воды перетекаетъ въ другое полушаріе, или направляется изъ морей и низинъ, обращающихся по временамъ въ моря, на сушу. Движеніе воды по каналамъ должно быть очень значительно, такъ какъ желтоватыя массы, которыя, по этому представленію, мы должны считать за безплодныя дикія пустыни, образуютъ вокругъ планеты замкнутый поясъ, не прерываемый открытымъ моремъ. Громадное передвиженіе воды, которое совершается ежегодно у насъ между полушаріями лѣтнимъ и зимнимъ, на Марсѣ, вѣроятно, имѣетъ меньшіе размѣры, хотя все-таки довольно значительные, судя по величинѣ полярныхъ пятенъ; это передвиженіе должно по необходимости происходить тамъ по каналамъ и постоянно размывать ихъ все больше и больше. Если желтая область Марса, дѣйствительно, песчаная пустыня, то размываніе скоро должно принять громадные размѣры, и вдоль каналовъ должны образоваться полосы плодородныхъ полей, въ родѣ тѣхъ, какія ежегодно затопляются Нильскимъ разливомъ. Здѣсь появляется тучная растительность, которая занимаетъ все бо́льшія и бо̀льшія области мертвой пустыни по обѣ стороны канала. Весною, когда каналы вновь наполняются водой, растительность также начинаетъ возрождаться; деревья одѣваются темною листвою; русло канала, само по себѣ настолько узкое что мы не могли бы его замѣтить, становится замѣтнымъ, благодаря пробужденію природы, которая ему обязана своей жизнью. Такимъ образомъ появленіе канала можетъ быть объяснено просто и аналогично съ земными явленіями. Изложенное воззрѣніе впервые развилъ, насколько мы знаемъ, Тӧрнебомъ въ Стокгольмѣ; но ранѣе въ томъ же направленіи высказывался также авторъ этой книги.

Нѣкоторыя особенныя явленія подтверждаютъ далѣе, что такъ называемые каналы имѣютъ не вполнѣ одинаковый характеръ въ направленіи ихъ ширины, т. е. они не совершенно наполнены водою. Въ этомъ отношеніи очень поучительно наблюденіе, сдѣланное Скіапарелли во время противостоянія 1879—80 г. Къ сѣверу отъ Таумазіи, въ желтой области, которую Скіапарелли назвалъ Тарсисъ, видна была бѣлая полоса, шедшая

отъ сѣвернаго снѣжнаго пятна; подобныя явленія уже были описаны нами выше. Полоса лежала надъ каналами этой области; изъ этихъ каналовъ Нилъ былъ въ то время раздвоенъ и очень широкъ. Скіапарелли обратилъ вниманіе на то, перерѣзается ли эта несомнѣнно преходящая бѣлая полоса темными каналами, или же ее дѣлятъ темныя линіи. Если каналы наполнены водою, и бѣлый цвѣтъ полосы зависитъ отъ осадковъ, которые при нѣкоторой температурѣ превращаются въ темное вещество, содержащееся въ этихъ каналахъ, то снѣгъ на Марсѣ долженъ въ каналахъ исчезать, и бѣлая полоса должна перерѣзаться темными полосами каналовъ. Если же темныя линіи происходятъ исключительно отъ темной окраски суши, зависящей отъ дѣятельности органической природы, тогда, конечно, бѣлый осадокъ могъ ложиться на эти области и пересѣкать такъ называемые каналы. Изъ сдѣланнаго въ то время рисунка мы видимъ ясно, что въ извѣстномъ смыслѣ было и то и другое: раздвоенный Нилъ былъ значительно уже въ томъ мѣстѣ, гдѣ его пересѣкали бѣлыя полосы. Это прекрасно соотвѣтствуетъ нашимъ взглядамъ на эти предметы: въ широкой области, подвергающейся наводненіямъ, гдѣ уже развилась растительность, весенній снѣгъ могъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ снова засыпать ее; а въ срединѣ, въ самыхъ глубокихъ мѣстахъ, гдѣ дѣйствительно стояла вода, снѣга не было.



Двойной каналъ Нилъ на Марсѣ, перерѣзанный бѣлою полосой; рис. И. В. Скіапарелли 1879/80 гг.

Если мы соединимъ въ общую картину всѣ наблюденія, сдѣланныя надъ физическими свойствами интересной сосѣдней планеты, то мы съ большой вѣроятностью можемъ утверждать слѣдующее: на этой планетѣ циркулируетъ какая то жидкость въ подобномъ же круговоротѣ, какъ у насъ вода; далѣе сравнительно съ размѣрами планеты жидкость эта находится въ гораздо меньшемъ количествѣ, чѣмъ у насъ вода, и потому при смѣнѣ временъ года только по временамъ покрываетъ многія низины, а постоянныя моря образуетъ только въ немногихъ мѣстахъ; затѣмъ мы замѣчаемъ что низины, въ періодъ наибольшаго обилія этой жидкости на нихъ, обнаруживаютъ явленія, которыя имѣютъ много общаго съ развитіемъ нашей растительности, насколько, конечно, объ этомъ можно судить съ разстоянія, которое раздѣляетъ насъ отъ Марса; желтыя области, на которыя никогда не попадаетъ эта темная жидкость, остаются безплодными и неизмѣнными и только пересѣкаются полосами, дорогами, которыя разумныя существа отвоевали для жизни, благодаря обдуманной, величественной и стройной системѣ каналовъ, покрывающей всю планету (см. прилагаемую раскрашенную таблицу).

Если мы освоимся съ этой гипотезой, то странное и никакъ необъяснимое явленіе — временное раздвоеніе каналовъ — теряетъ значительную часть своей загадочности; разумныя существа, предполагаемыя нами на Марсѣ, увидали, что благодаря каналамъ, пустыня, уже какъ бы обреченная на вѣчную смерть, вновь пробудилась къ жизни, и у нихъ явилась мысль проложить на небольшомъ разстояніи параллельныя русла, дабы междулежащія пространства пустыни мало-по-малу могли сдѣлаться годными для культуры. Во всякомъ случаѣ, по нашему мнѣнію, пока не будетъ объясненъ параллелизмъ каналовъ, отдѣленныхъ большими разстояніями другъ отъ друга и иногда лежащихъ на діаметрально противоположныхъ частяхъ планеты, до тѣхъ поръ напрасны многочисленныя попытки объяснить ихъ удвоенія, будемъ ли мы разсматривать эти удвоенія,



Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

ВООБРАЖАЕМЫЙ ЛАНДШАФТЪ НА МАРСѢ.

(По картинѣ В. Кранца.)

какъ оптическое явленіе, какое даетъ намъ исландскій шпатъ, и приписывать подобное свойство атмосферѣ Марса, или будемъ приписывать ихъ образованіе парамъ, заполняющимъ средины широкихъ темныхъ щелей (каналовъ) и т. п. Нѣтъ никакого основанія полагать, что параллелизмъ первыхъ имѣетъ иное происхожденіе, нежели параллелизмъ болѣе близкихъ каналовъ.

Мы не даромъ ограничивались однимъ сравненіемъ жидкости на Марсѣ съ нашей водою, не настаивая на ихъ тождественности. Нѣкоторые серьезные изслѣдователи высказывали сомнѣніе въ томъ, чтобы на Марсѣ могла существовать вода въ жидкомъ состояніи, такъ какъ планета по своему положенію относительно солнца получаетъ отъ центральнаго свѣтила только $^3/_7$ того количества теплоты, которое доходитъ до насъ. Удивительно далѣе, что при энергичной циркуляціи вещества, образующаго полярныя пятна на Марсѣ, появляются только очень сомнительные признаки облачныхъ или туманныхъ образованій. Мы не можемъ представить себѣ циркуляцію воды на нашей землѣ безъ облаковъ, которыя иногда на цѣлые мѣсяцы окутываютъ громадныя пространства и только изрѣдка разсѣиваются. Было указано, что у г о л ь н а я к и с л о т а при гораздо болѣе низкихъ температурахъ, чѣмъ тѣ, какія бываютъ въ нашихъ климатахъ, именно между 50—100^0 ниже нуля, можетъ представить — безъ образованія облаковъ — явленія, которыя объяснили бы намъ отчасти то, что мы видимъ на Марсѣ. Угольная кислота образуетъ бѣлый снѣгъ, выпадающій при достаточномъ охлажденіи, изъ безцвѣтнаго газа, безъ образованія тумана. Правда, угольная кислота переходитъ въ жидкое состояніе только при очень высокомъ давленіи. Необычайно замѣтныя явленія разливовъ надо поэтому объяснять иначе, точно также какъ и процессы, которые мы ставили въ связь съ жизнью знакомаго намъ растительнаго царства. Недавно опытами было доказано, что растенія могутъ жить въ атмосферѣ, не имѣющей кислорода, и состоящей главнымъ образомъ изъ угольной кислоты, и что даже въ такой атмосферѣ, которая, быть можетъ, окружала нашу планету въ каменноугольную эпоху, растенія развиваются лучше, чѣмъ въ нашей; но во всякомъ случаѣ в о д я н о й п а р ъ въ ней долженъ содержаться въ значительномъ количествѣ.

Однако, намъ кажется, что нѣтъ необходимости прибѣгать къ угольной кислотѣ для того, чтобы обойти трудность, на которую насъ наталкиваетъ фактъ малаго доступа теплоты на поверхности Марса. По изслѣдованіямъ Ланглея и другихъ, наша атмосфера поглощаетъ около половины доходящей до насъ солнечной теплоты, благодаря облакамъ, пыли и переходу теплоты въ механическую работу при различныхъ метеорологическихъ процессахъ. Но атмосфера Марса, безъ сомнѣнія, много чище нашей и, какъ мы видѣли, много рѣже; поэтому и поглощеніе тепла должно, конечно, быть значительно меньше. Съ другой стороны Маундеръ, сдѣлавъ допущеніе, вѣроятно слишкомъ превосходящее дѣйствительность, что высота атмосферы на Марсѣ равна $^2/_5$ нашей (какъ указано выше, Кампбелль далъ $^1/_4$, какъ наивысшую границу), вычислилъ, что на поверхности Марса вода переходитъ въ паръ уже при температурѣ въ 46° Ц. Такимъ образомъ переходъ водяныхъ паровъ въ атмосферу тамъ значительно легче. Состояніе атмосферы на поверхности Марса мы можемъ сравнить съ тѣмъ, что мы имѣемъ у насъ на самыхъ высокихъ горныхъ вершинахъ, съ тою только разницей, что послѣднія стоятъ изолированно въ воздушномъ морѣ, тогда какъ поверхность Марса, испытывающая сильное дѣйствіе солнечныхъ лучей, должна значительно нагрѣвать непосредственно прилегающіе къ ней воздушные слои. Кому приходилось восходить на высокую гору при полномъ солнечномъ освѣщеніи, тотъ, конечно, чувствовалъ, какъ интенсивно тамъ дѣйствуютъ на всякое тѣло тепловые лучи. Атмосфера слу-

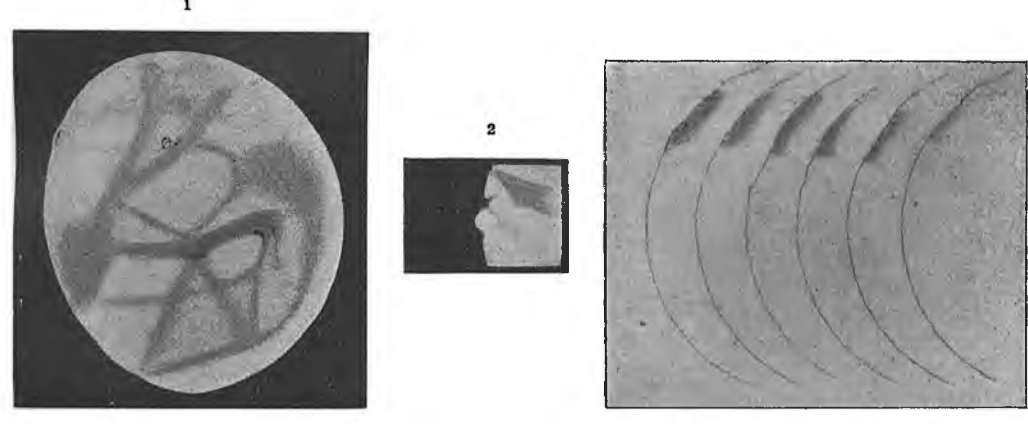
житъ для насъ въ этомъ отношеніи защищающимъ покровомъ. Днемъ она поглощаетъ бо̀льшую часть теплоты, полученной всей планетой, и на ея счетъ образуетъ экранъ изъ облаковъ; а ночью она охраняетъ поверхность, на которой совершается жизнь, отъ ледяного холода мірового пространства. На Марсѣ происходитъ тоже самое, но въ очень ограниченной степени. Днемъ тамъ почва сильно накаливается и водяные пары, которые и безъ того находятся тамъ въ незначительныхъ количествахъ, разсѣиваются. Но какъ только солнце скроется за горизонтомъ, холодъ мірового пространства охватываетъ атмосферу и сгущаетъ водяные пары въ туманъ или облака, дающія снѣгъ. Первые солнечные лучи снова разгоняютъ туманъ.

25 и 26 ноября 1894 года Дугласъ сдѣлалъ наблюденіе, которое, повидимому, подтверждаетъ тѣ результаты, къ какимъ приводитъ насъ допущеніе, что на Марсѣ имѣется разрѣженная атмосфера. Именно, онъ замѣтилъ за терминаторомъ, слѣдовательно, отдѣльно отъ освѣщеннаго диска планеты, яркую полосу, въ 225 км. длины и въ 65 км. ширины, имѣвшую на всемъ протяженіи одинаковое разстояніе отъ терминатора. Явленіе показывало колебанія, оно то появлялось, то исчезало и наконецъ, приблизительно черезъ 30 минутъ, исчезло совершенно. На слѣдующій вечеръ оно повторилось; но полоса, которая находилась почти надъ областью Протея, сдвинулась на 9 градусовъ къ сѣверу. Очевидно, это не было неподвижнымъ образованіемъ поверхности, но было преходящимъ явленіемъ надъ поверхностью планеты, и высота его по вычисленію равнялась около 30 км. Можетъ быть, это былъ виденъ внѣшній край того туманнаго покрова, который разстилается ночью надъ поверхностью Марса; его появленіе и исчезновеніе указываетъ на процессъ разсѣиванія, который вызывается солнечными лучами въ пограничныхъ областяхъ.

Во всякомъ случаѣ мы видимъ, что принципіально нѣтъ никакихъ препятствій для существованія на Марсѣ воды во всѣхъ трехъ состояніяхъ. Поэтому и всѣ возникающія отсюда заключенія остаются въ силѣ. Изъ нихъ самымъ интереснымъ для насъ, конечно, является мысль о присутствіи разумныхъ существъ на этомъ сосѣднемъ мірѣ. Но именно въ виду этого живого интереса, возбуждающаго еще болѣе наше чувство, чѣмъ нашъ умъ, мы должны быть особенно осторожны въ допущеніи, что тамъ существуютъ наши братья по духу и по высокимъ стремленіямъ. Изъ остроумнаго плана каналовъ мы въ лучшемъ случаѣ можемъ только заключить, что тамъ н ѣ к о г д а господствовали разумныя существа. Каналы мы видимъ уже готовыми и ихъ громадная ширина, которая на нашъ взглядъ можетъ быть только дѣломъ природы, свидѣтельствуетъ, что они закончены уже давно. Ничто не говоритъ намъ, что живы тѣ геніальные строители, которые когда-то создали себѣ памятники, видимые на разстояніи міровыхъ тѣлъ. Но живутъ ли тамъ и нынѣ разумныя существа, или же условія жизни, благопріятныя для нихъ, уже прекратились, вслѣдствіе постепеннаго разрѣженія воздуха, что является, повидимому, неизбѣжнымъ въ великомъ процессѣ развитія міровъ,—мы не знаемъ. Этотъ вопросъ останется открытымъ до тѣхъ поръ, пока мы не получимъ оттуда безспорнаго свидѣтельства, указывающаго на присутствіе жизни, напр., свидѣтельства въ формѣ свѣтовыхъ сигналовъ, которые, конечно, одни могутъ служить въ роли междупланетнаго телеграфа. Въ послѣднее время было предложено много проэктовъ, какъ осуществить подобное сообщеніе, и одна французская дама завѣщала Парижской Академіи 100,000 франковъ исключительно для этой цѣли.

Какъ разъ въ то время, когда пылкіе умы старались измыслить средство, чтобы установить сношеніе между планетами, нѣкоторые наблюдатели, благодаря очень сильнымъ телескопамъ, увидѣли своеобразные свѣтлые в ы с т у п ы н а т е р м и н а т о р ѣ Марса: они оставались слишкомъ долго,

чтобы ихъ можно было принять за цѣпь облаковъ; казалось, какъ будто начинали свѣтиться широкія области планеты, какъ только надъ ними опускалась ночь. Нельзя было считать эти мѣста горными вершинами, которыя продолжали освѣщаться солнечными лучами, какъ это часто можно наблюдать позади терминатора на лунѣ. Если принять это, то пришлось бы допустить, что высота горъ доходитъ до 30—60 км., что было бы слишкомъ невѣроятно. Поэтому для многихъ не оставалось сомнѣнія, что здѣсь мы имѣемъ огненные знаки съ этого далекаго міра. Къ сожалѣнію, это не подтвердилось. Кампбелль далъ очень понятное объясненіе этихъ свѣтлыхъ выступовъ, принявъ ихъ за обширныя горныя области. Уже раньше по временамъ замѣчали на планетѣ свѣтлыя мѣста, которыя становились все свѣтлѣе, по мѣрѣ того, какъ они подвигались къ краю или терминатору; но никогда не видѣли, чтобы они выступали за терминаторъ. Въ первый разъ это замѣтили на горѣ Гамильтонъ 5 и 6 іюля 1890 г. Въ два

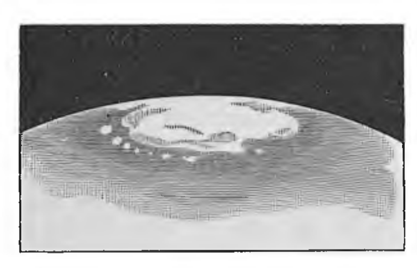


Линія терминатора на Марсѣ: 1) выступъ, наблюдавшійся Дугласомъ 11 августа 1894 г.; 2) выступъ вблизи моря Сиренъ, наблюдавшійся Дугласомъ 19 августа 1894 г.; 2) выемки, наблюдавшіяся на обсерваторіи Ловеля 24 августа 1894 г.

слѣдующія противостоянія 1892 и 1894 г.г. свѣтлыя мѣста наблюдались опять астрономами въ Арицонѣ, Ареквипѣ, Перротэномъ въ Ниццѣ, Фламмаріономъ и другими. Наши рисунки, принадлежащіе Дугласу и В. Пикерингу, даютъ картину этихъ выступовъ, а также представляютъ контуры терминатора въ тѣхъ частяхъ, гдѣ на немъ замѣтны ясныя выемки. Свѣтлые выступы появлялись всегда въ опредѣленныхъ мѣстахъ, именно только въ тѣхъ желтыхъ областяхъ, которыя мы считаемъ сушей. Одно такое мѣсто лежитъ въ области, называемой Темпейской долиной (Tempe) къ сѣверу отъ Таумазіи и Тарсиса, другое—на Ноахесъ (Noaches), третье вблизи моря Сиренъ. Когда такое мѣсто вновь появлялось во время второго противостоянія, т. е. черезъ два года, оно занимало всегда то же положеніе. Кампбелль даетъ слѣдующее простое объясненіе этому явленію: „11 іюля 1892 г. Марсъ находился отъ насъ на разстояніи 63 милліоновъ километровъ. Мы могли брать увеличенія въ 350—520 разъ, и они приближали къ намъ планету на разстояніе въ 180,000 км. и 120,000 км. Разстояніе нашей луны отъ насъ вдвое больше 180,000 км. и втрое больше 120,000 км. Однако мы можемъ просто глазомъ видѣть на лунномъ терминаторѣ свѣтлые выступы, образуемые горными цѣпями и большими кратерами“. При такомъ предположеніи, т. е. что выступы суть ни что иное, какъ вытянутыя горныя цѣпи, оказывается въ одномъ частномъ случаѣ, что длина цѣпи равна 140 км., а высота всего 3,04 км.

Но если на Марсѣ есть горы—а за это говоритъ крапленый видъ, по

являющійся изрѣдка на нѣкоторыхъ областяхъ, а также появленіе бѣлыхъ точекъ отдѣльно отъ полярныхъ пятенъ, какъ можно видѣть на прилагаемомъ рисункѣ Грина, сдѣланномъ въ 1877 г.,—повторяемъ, если тамъ есть горы, то должны быть и долины. Выемки терминатора, какъ ихъ нарисовалъ Пиккерингъ (см. рис. 3, стр. 153), свидѣтельствуютъ объ этомъ. Выступы появлялись только въ желтыхъ областяхъ, а выемки обращены къ темнымъ: этимъ подтверждается наше мнѣніе, что послѣднія не представляютъ постоянныхъ морей. Въ 1892 и 1894 г. г. наблюдалось одно замѣчательное явленіе, въ которомъ увидѣли указаніе на существованіе долины. Пиккерингъ въ первый годъ описываетъ его слѣдующимъ образомъ: „когда снѣгъ отъ таянія отступалъ къ полюсамъ, можно было замѣтить узкую, почти прямолинейную область, гдѣ снѣгъ оставался дольше, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ. Въ концѣ сентября снѣжная область раздѣлилась на двѣ части, изъ нихъ одна была узкая и длинная, другая имѣла неправильную форму и представлялась нѣсколько пятнистой. Казалось, какъ будто съ одной стороны передъ нами горная цѣпь, а съ другой область неправильныхъ возвышенностей, и между ними лежитъ долина. Въ іюлѣ изъ этой долины выходила темная линія, соединявшая ее съ моремъ“. Позднѣе эта темная линія раздвоилась въ снѣжной области и приняла видъ Y. Въ 1894 фигура Y появилась опять и была зарисована Пиккерингомъ (см. нижній рис.). Когда послѣ длинной паузы пятно сѣвернаго полюса опять сдѣлалось видимо въ $18^{96}/_{97}$ г.г., на немъ наблюдалось совершенно такое же явленіе.


Свѣтлыя точки вблизи южнаго полярнаго пятна на Марсѣ; рис. Грина 8 сентября 1877 г.

Мы видимъ, какъ, съ увеличеніемъ наблюдаемыхъ деталей, вырисовываются передъ нами яснѣе общія черты картины сосѣдняго намъ міра. Поэтому кажется, что въ нашихъ толкованіяхъ видѣннаго мы стоимъ на вѣрной дорогѣ, хотя еще и не имѣемъ полной достовѣрности. Намъ остается только, по совѣту Скіапарелли, „положиться на то, что Галилей называлъ любезностью природы, такъ какъ она время отъ времени посылаетъ намъ лучъ свѣта съ совершенно неожиданной стороны, и выясняетъ вещи, которыя прежде казались недоступными никакому изслѣдованію. Прекрасный примѣръ этого представляетъ спектральный анализъ небесныхъ тѣлъ. И такъ будемъ надѣяться и работать дальше!“ *)


Фигура Y на южномъ полярномъ пятнѣ Марса, рис. В. Пиккеринга 1894 г.

11 августа 1877 года Асафъ Холль (Asaph Hall) въ Вашингтонѣ замѣтилъ, при помощи самаго большого въ то время рефрактора, необыкновенно маленькую звѣздочку около самаго Марса. По виду она не отличалась отъ милліоновъ другихъ мельчайшихъ звѣздъ, которыя открываетъ человѣческому взору подобный гигантскій телескопъ, и которыя почти всегда можно встрѣтить, въ какомъ бы направленіи мы ни направили телескопъ. Только

* Е. А. Роговскій въ С. Петербургѣ въ своихъ статьяхъ о температурѣ и составѣ небесныхъ свѣтилъ, помѣщенныхъ въ „Извѣстіяхъ Русскаго Астрономическаго Общества“, доказываетъ, что темпертура Марса такъ низка, что вода не можетъ быть тамъ въ формѣ жидкости; она можетъ быть тамъ только въ формѣ льда. Того же мнѣнія придерживается ирландскій ученый Стоней, который доказываетъ, что водяные пары лежатъ на предѣлѣ удерживаемыхъ газовъ на Марсѣ; оба названные ученые, приходятъ къ заключенію, что бѣлыя полярныя пятна состоятъ всего вѣроятнѣе изъ углекислоты.

С. Глазенапъ.

то обстоятельство, что эта здѣздочка постоянно оставалась около самой планеты, т. е. совершала среди остальныхъ звѣздъ то же движеніе, какъ и планета въ ея синодическомъ обращеніи вокругъ солнца, указывало, что она должна стоять въ прямой зависимости отъ планеты. Это подтверждалось и тѣмъ, что сопутствующая звѣзда не вполнѣ точно слѣдовала за планетой, но двигалась то скорѣе, то медленнѣе, и наблюдалась то вправо, то влѣво отъ Марса, однако, всегда сохраняла опредѣленное максимальное разстояніе отъ него: короче говоря, по всей видимости, звѣздочка обращалась вокругъ планеты, т. е. была луною Марса. Прослѣдивъ вновь открытую звѣзду въ теченіе шести дней, Холль 17 августа замѣтилъ вторую, находящуюся еще ближе къ планетѣ; она отличалась тѣми же свойствами. Такимъ образомъ были открыты обѣ луны Марса, получившія позднѣе названія Деймосъ и Фобосъ, т. е. Страхъ и Трепетъ, какъ сыновья и спутники бога войны.

Но это открытіе никоимъ образомъ не было случайнымъ. Вопросъ о существованіи лунъ Марса неоднократно поднимался въ теченіе двухъ столѣтій. Холль воспользовался для его рѣшенія необыкновенно благопріятнымъ положеніемъ Марса относительно насъ въ 1877 г, повторяющимся только черезъ 15 лѣтъ; планета находилась въ великомъ противостояніи, при томъ онъ располагалъ телескопомъ наибольшей силы въ его время. Интересно, что еще въ 1726 году Свифтъ въ знаменитомъ фантастическомъ произведеніи „Путешествія Гулливера", разсказывалъ о народѣ, который открылъ двѣ луны Марса при помощи гораздо меньшихъ телескоповъ, но показывающихъ небесныя тѣла въ гораздо бо̀льшихъ размѣрахъ и яснѣе; ближайшая луна отстояла отъ планеты на три ея поперечника, дальняя— на пять. На самомъ дѣлѣ разстояніе второй луны Марса какъ разъ такое, какое Свифтъ далъ для перваго спутника, созданнаго въ своей фантазіи. Время обращенія перваго спутника Свифтъ, опредѣляетъ въ 10 часовъ, на самомъ дѣлѣ оно равно 7 часамъ 41 минутѣ; время обращенія второго равно $30^1/_4$ часовъ, Свифтъ же опредѣлилъ его въ $21^1/_2$ часовъ. При ближайшемъ разсмотрѣніи, такое отгадываніе въ данномъ случаѣ не покажется удивительнымъ. Уже давно отыскивали одного или нѣсколькихъ спутниковъ Марса. Земля имѣетъ одну луну, Юпитеръ—четыре. Такъ какъ философы того времени любили заниматься игрою въ числа, то было естественно предположить, если дѣло пошло на угадываніе, что Марсъ имѣетъ двѣ луны, такъ какъ для послѣдовательныхъ планетъ тогда получался рядъ чиселъ 1, 2, 4. Далѣе, зная незначительные размѣры планеты, не трудно было подозрѣвать, что эти луны находятся очень близко отъ нея. Но разъ были угаданы разстоянія въ три и пять поперечниковъ, отсюда времена обращенія вытекали уже по третьему закону Кеплера, съ которымъ мы познакомимся позднѣе.

Однако, существованіе лунъ Марса только подозрѣвалось, но до Холля онѣ не были открыты. Гершель, Мэдлеръ, д'Арре, очень старательно искали ихъ, и послѣдній имѣлъ право съ увѣренностью утверждать, что не можетъ существовать луны Марса, свѣтъ которой превосходилъ бы силу свѣта звѣзды двѣнадцатой величины, и которая могла бы при своемъ обращеніи отстоять отъ Марса на разстояніи больше 20—24 поперечниковъ планеты. Ближе этого разстоянія такая маленькая свѣтлая точка не могла быть видима въ телескопъ д'Арре, потому что сильный свѣтъ планеты въ немъ слишкомъ ярко освѣщаетъ фонъ неба. Эти изслѣдованія производились въ 1864 году.

Пользуясь этими опытами, Асафъ Холль, во время великаго противостоянія Марса въ 1877 году, могъ при розысканіи лунъ Марса значительно ограничить свою область. Онъ искалъ ихъ только на самомъ близкомъ разстояніи отъ планеты, гдѣ имѣлъ больше шансовъ увидѣть маленькій

объектъ, чѣмъ его предшественникъ д'Арре. Правда, по нашимъ соображеніямъ, изложеннымъ при выясненіи дѣйствія телескопа, большой телескопъ, обладающій бо́льшей свѣтосилой, не представляетъ существенной выгоды въ данномъ изслѣдованіи, такъ какъ соотвѣтственно усиливается и яркость фона неба. Однако, необходимо разобрать это внимательнѣе: отъ яркаго небеснаго фона въ нашъ глазъ достигаетъ извѣстное число свѣтовыхъ колебаній; важно знать, получаетъ ли въ извѣстное время та или другая зрительная палочка больше толчковъ, чѣмъ остальныя. Положимъ, что предметъ, отъ котораго идетъ этотъ избытокъ, такъ малъ, что на одну палочку получается одно лишнее колебаніе. Отъ яркаго небеснаго фона на ту же самую палочку попадаетъ тысячу эфирныхъ толчковъ; но ея чувствительность не такъ велика, чтобы уловить разницу между 1000 и 1001. Такъ было съ телескопомъ д'Арре. Но Холль, благодаря бо́льшей свѣтосилѣ своего инструмента, могъ употребить болѣе высокія увеличенія. Двойное увеличеніе расширяетъ то же поле для нашего глаза вчетверо. На ту же поверхность сѣтчатки падаетъ вчетверо меньше свѣтовыхъ толчковъ; въ данномъ случаѣ только 250 вмѣсто 1000. При такихъ условіяхъ избытокъ въ одно свѣтовое колебаніе можетъ легче переступить черезъ порогъ нашей чувствительности (см. психо-физическій законъ, стр. 64). Сюда присоединяются еще другія физіологическія дѣйствія, благодаря которымъ части нашей сѣтчатки становятся нечувствительными къ раздраженіямъ слабымъ, если сосѣднія части испытываютъ сильныя свѣтовыя раздраженія. При болѣе сильномъ увеличеніи эти дѣйствія естественно уменьшаются, такъ какъ изображеніе Марса отодвигается отъ наблюдаемой свѣтлой точки.

Громадное преимущество болѣе сильнаго телескопа сказалось сейчасъ же. Холль началъ свои поиски въ началѣ августа 1877 г. но только 10-го онъ обратилъ вниманіе на самыя ближайшія къ планетѣ части, и черезъ день послѣ этого онъ увидѣлъ одного спутника.

Послѣ того какъ эти спутники были открыты, ихъ удалось видѣть и въ гораздо болѣе слабые телескопы,—обычное явленіе, повторяющееся всегда, когда съ достаточной точностью заранѣе извѣстно положеніе предмета. Глазъ тогда не теряется въ безпорядочныхъ поискахъ, и свѣтовая волна имѣетъ время, чтобы нѣсколько разъ попасть въ одну и ту же зрительную палочку. Кромѣ того можно помѣстить противъ свѣтового луча наиболѣе чувствительное мѣсто желтаго пятна нашей сѣтчатки и все вниманіе сосредоточить на извѣстномъ свѣтовомъ впечатлѣніи. Правда, случается иногда и при подобныхъ условіяхъ получать ложныя впечатлѣнія. Это замѣчательное явленіе — сверканіе звѣздочекъ, которыхъ въ дѣйствительности не существуетъ, есть ни что иное, какъ галлюцинаціи, которыя испытываютъ нервные люди, подъ вліяніемъ особеннаго воздѣйствія на ихъ волю. Явленія эти возникаютъ, очевидно, вслѣдствіе раздраженій, которыя испытываетъ отъ чрезмѣрнаго напряженія нервная система, и которыя проявляютъ свое дѣйствіе на путяхъ, соединяющихъ зрительныя палочки съ центрами сознанія. Благодаря такимъ вліяніямъ вполнѣ возможно, что, напр., какому нибудь наблюдателю, который точно знаетъ на какомъ мѣстѣ другой видѣлъ извѣстную систему каналовъ Марса, кажется, что онъ также ясно видитъ ее, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности она уже исчезла. Поэтому, когда дѣло касается предметовъ, находящихся на границѣ нашей способности воспріятія, вполнѣ справедливо сомнѣваться въ реальности наблюденія, хотя бы оно принадлежало добросовѣстнѣйшему изслѣдователю, пока оно не подтвердится вторымъ наблюдателемъ, не знавшимъ ранѣе объ этомъ наблюденіи. Скіапарелли въ теченіе долгаго времени былъ единственнымъ наблюдателемъ, видѣвшимъ каналы Марса и ихъ удвоенія, но онъ не придавалъ личнаго обиднаго характера сомнѣніямъ, которыя часто высказы-

вались по поводу его открытія его коллегами. Онъ ждалъ спокойно, пока его наблюденія одно за другимъ не подтвердились самымъ точнымъ образомъ. За то теперь астрономы исполнены изумленія передъ даромъ наблюденія этого человѣка, который при сравнительно незначительныхъ средствахъ (въ то время онъ имѣлъ рефракторъ Мерца съ отверстіемъ только въ восемь дюймовъ) открылъ гораздо болѣе удивительнѣйшихъ деталей на сосѣднемъ намъ мірѣ, чѣмъ это могли сдѣлать другіе съ помощью сильнѣйшихъ зрительныхъ аппаратовъ. Описанныя выше наблюденія надъ Марсомъ, произведенныя за послѣднее время, имѣютъ тѣмъ большую убѣдительность, что въ большинствѣ случаевъ они производились въ двухъ или нѣсколькихъ мѣстахъ, лежащихъ въ различныхъ частяхъ земли. Наблюдатели работали совершенно независимо другъ отъ друга и однако часто одновременно наблюдали на сосѣдней планетѣ одни и тѣ же явленія.

Какъ мы видѣли, д'Арре напрасно искалъ спутники Марса при помощи телескопа съ отверстіемъ въ 11 дм.; они въ первый разъ сдѣлались доступны человѣческому глазу благодаря телескопу, обладавшему впятеро большей свѣтосилой. Но позднѣе Трувело могъ наблюдать ихъ съ телескопомъ, отверстіе котораго было уменьшено діафрагмами до 5 дм. Посѣтители Ликской обсерваторіи могутъ наблюдать ихъ, какъ чрезвычайно рѣзкіе объекты.

Впрочемъ объ этихъ очень маленькихъ небесныхъ мірахъ нечего больше сказать. Само собой понятно, что они не имѣютъ видимаго поперечника. Поэтому для ихъ действительной величины, можно только дать самый высшій предѣлъ; для этой цѣли мы вычисляемъ, какова должна быть ихъ величина, чтобы при наблюденіи на томъ разстояніи, какое отдѣляетъ насъ отъ нихъ, мы видѣли замѣтный поперечникъ. Но звѣздная фотометрія указываетъ еще другой путь для опредѣленія этой величины съ нѣсколько большею точностью. Предполагая, что альбедо, или способность отражать солнечный свѣтъ, для поверхности спутниковъ Марса такъ же велика, какъ для поверхности планеты, около которой они вращаются, можно вычислить, какъ велика должна быть поверхность, которая отбрасываетъ съ разстоянія, на какомъ находятся луны Марса, опредѣленное количество солнечнаго свѣта. Для внутренняго спутника—Страха, который кажется нѣсколько ярче сосѣда, поперечникъ равенъ всего $9^1/_2$ км. и для Трепета всего 8 км. Слѣдовательно, они самыя маленькія изъ небесныхъ свѣтилъ солнечной системы, какія мы знаемъ. Ихъ поверхность едва равна 300 кв. км. Княжество Рейсъ (въ старыхъ предѣлахъ) или Шаумбургъ-Липпе не умѣстились бы на такомъ небесномъ тѣлѣ. Даже съ самаго Марса. луны должны казаться очень небольшими, хотя онѣ и находятся очень близко отъ него. Разстояніе ближайшей луны отъ поверхности Марса не превышаетъ разстоянія отъ Берлина до Нью-Іорка, Фобосъ съ Марса имѣетъ поперечникъ почти равный тремъ минутамъ; слѣдовательно онъ кажется въ десять разъ меньше, чѣмъ наша луна. Болѣе удаленная луна должна казаться тамъ не больше, чѣмъ намъ Венера.

Здѣсь мы не станемъ пока говорить объ остальныхъ странныхъ явленіяхъ, какія обнаруживаютъ спутники Марса, вслѣдствіе очень быстраго движенія вокругъ главной планеты. Къ этому мы вернемся въ седьмой главѣ второй части.

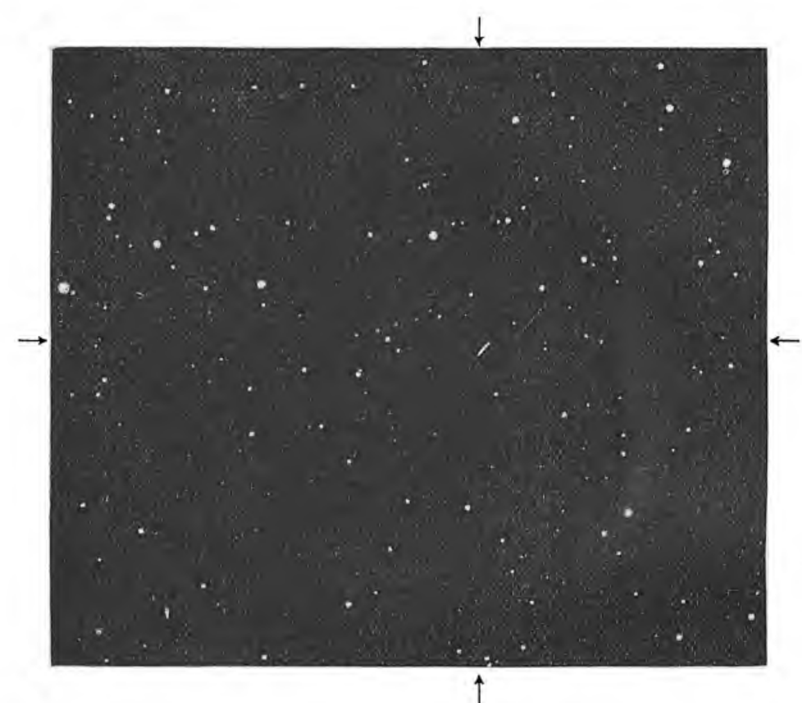
---

5. Малыя планеты.

Если бы мы стали вести описаніе небесныхъ явленій вполнѣ послѣдовательно, разсматривая ихъ въ томъ порядкѣ, въ какомъ они сами собой представляются нашему наблюденію, то эта глава, посвященная группѣ мель-

чайшихъ планетныхъ тѣлъ, образующихъ кольцо между Марсомъ и Юпитеромъ, вѣроятно, была бы одной изъ послѣднихъ главъ въ нашей описательной астрономіи. Дѣйствительно, эти небесныя тѣла только своимъ движеніемъ отличаются отъ милліоновъ мельчайшихъ неподвиженныхъ звѣздъ, которыя представляютъ для насъ только тотъ интересъ, что изъ ихъ распредѣленія по небесному своду мы можемъ сдѣлать заключенія объ устройствѣ великой міровой системы. Изученіемъ же движеній мы будемъ заниматься только во второй части этой книги.

Для ознакомленія съ характернымъ видомъ этихъ малыхъ планетъ, лучше всего обратиться къ одной изъ фотографій, при помощи которыхъ разыскиваютъ въ настоящее время эти тѣла. Мы различаемъ здѣсь массу крупныхъ и мелкихъ точекъ, оставленныхъ на пластинкѣ неподвижными звѣздами соотвѣтственной области, и одну маленькую черточку. Эта черточка — слѣдъ малой планеты. Пластинка была экспонирована нѣсколько часовъ; въ теченіе всего времени экспозиціи наблюдатель постоянно слѣдилъ, чтобы свѣтъ каждой неподвижной звѣзды падалъ всегда въ точности на одно и то же мѣсто пластинки. Поэтому свѣтлая точка, движущаяся между звѣздами, должна за истекшій періодъ оставить на пластинкѣ линію.



Малая планета (329) Свея, открытая при помощи фотографіи Максомъ Вольфомъ въ Гейдельбергѣ 21 марта 1892 г.

Это единственный признакъ, по которому узнается планета. Положеніе неподвижныхъ точекъ небеснаго свода, обыкновенно извѣстно или можетъ быть опредѣлено. Поэтому измѣряя на фотографіи положеніе черты, легко установить, имѣемъ ли мы дѣло съ извѣстнымъ уже членомъ группы малыхъ планетъ, путь которыхъ вычисленъ заранѣе, или же намъ посчастливилось натолкнуться на новаго члена этой многочисленной семьи. Въ послѣднемъ случаѣ длина и направленіе черты указываютъ, гдѣ приблизительно надо искать новое тѣло въ одинъ изъ слѣдующихъ дней. Тогда можно изслѣдовать его или прямымъ наблюденіемъ или опять при помощи фотографіи. Послѣ успѣшнаго наблюденія въ теченіе нѣсколькихъ дней можно вычислить истинное положеніе новаго тѣла въ поясѣ малыхъ планетъ, его разстояніе отъ солнца, время обращенія и т. д. (См. также стр. 53 и 54). Прилагаемый рисунокъ представляетъ увеличенную въ шесть разъ копію небольшой части оригинальнаго снимка, при помощи котораго Вольфу въ Гейдельбергѣ впервые удалось открыть фотографическимъ путемъ малую планету.

Итакъ, фотографированіемъ неба можно почти безъ всякихъ приготовленій или предварительныхъ свѣдѣній находить новыя планеты; тогда какъ прежде для этого предварительно требовалось произвести обширную работу точной картографіи тѣхъ полосъ неба, гдѣ можно было подозрѣвать присутствіе планеты, т. е. изготовить такъ называемыя *карты эклиптики*. По особымъ соображеніямъ, о которыхъ еще рѣчь впереди, можно заключить, что эти малыя планеты находятся только въ опредѣленномъ поясѣ неба, по серединѣ котораго солнце описываетъ свой годичный путь по небу, и который называется эклиптикой. Петерсъ въ Клинтонѣ (въ штатѣ Нью-Іоркъ) и Пализа въ Вѣнѣ изготовили очень точныя карты этого пояса, содержащія всѣ мельчайшія звѣзды данной области. Когда спустя нѣкоторое время послѣ изготовленія той или другой части этой карты они сравнивали ее съ небомъ, то оказывалось, что въ томъ или другомъ мѣстѣ или недоставало звѣзды, или же была лишняя. Первый случай еще можно было считать вполнѣ допустимымъ недосмотромъ, если принять въ соображеніе, что небо переполнено маленькими звѣздами. Но за вновь появившейся звѣздой, какъ за сомнительной, приходилось слѣдить. Если она обнаруживала замѣтное движеніе, это значило, что открыта была новая планета. Такимъ способомъ оба названные астронома открыли массу этихъ крошечныхъ свѣтилъ, чѣмъ и задали сложную работу вычислителямъ, для которыхъ каждая планета стоитъ гораздо больше труда, чѣмъ для лица, ее открывшаго; тѣмъ болѣе, что вычисленіе необходимо повторять ежегодно, такъ какъ, не продолжая вычисленій видимаго движенія этихъ планетъ-карликовъ, число которыхъ въ настоящее время свыше четырехсотъ, можно потерять ихъ изъ глазъ. Однако, въ концѣ концовъ пришлось значительное количество наиболѣе мелкихъ и наименѣе интересныхъ тѣлъ этой группы просто оставить безъ вниманія; поэтому теперь можно принять на короткое время какую нибудь планету за вновь открытую, хотя въ дѣйствительности она уже давно была замѣчена.

Систематическіе розыски этихъ тѣлъ, „погоня за планетами", конечно, начались только съ того времени, когда сложилось убѣжденіе, что во всякомъ случаѣ очень большое число ихъ находится въ поясѣ между Марсомъ и Юпитеромъ. *Исторія открытія первыхъ астероидовъ*, какъ обыкновенно называются малыя планеты, конечно совершенно иная. Первою изъ нихъ, *Церерой*, начался рядъ прекрасныхъ астрономическихъ открытій этого столѣтія: Піацци изъ Палермо увидалъ ее впервые какъ разъ 1 января 1801 года. Открытіе это было чисто случайное, но оно не было неожиданнымъ, такъ какъ уже давно подозрѣвали существованіе особой планеты, обращающейся между орбитами Марса и Юпитера, подобно тому какъ подозрѣвали существованіе лунъ Марса. Высказывалось предположеніе, что должна существовать нѣкоторая планета въ томъ громадномъ промежуткѣ между Марсомъ и Юпитеромъ, о которомъ свидѣтельствуетъ сравненіе разстояній извѣстныхъ планетъ отъ солнца. Если мы выразимъ эти разстоянія круглыми числами въ десятыхъ доляхъ разстоянія земли отъ солнца, то получимъ слѣдующій рядъ: Меркурій 4, Венера 7, Земля 10, Марсъ 15, Юпитеръ 52, Сатурнъ 95, Уранъ 192; здѣсь сразу бросается въ глаза скачекъ отъ 15 къ 52. Въ то время много говорилось о такъ называемомъ *„законѣ" Боде-Тиціуса*, несправедливо получившемъ названіе закона; по нему планетныя разстоянія представляютъ приблизительно нѣкоторый рядъ. Однако, рядъ этотъ не оправдывается въ дѣйствительности въ полной мѣрѣ и потому не можетъ претендовать на названіе закона. Этотъ рядъ слѣдующій:

Меркурій	$4 = 4$	Земля	$4 + 2 \times 3 = 10$	Юпитеръ	$4 + 16 \times 3 = 52$
Венера	$4 + 1 \times 3 = 7$	Марсъ	$4 + 4 \times 3 = 16$	Сатурнъ	$4 + 32 \times 3 = 100$
		Уранъ	$5 + 64 \times 3 = 196$		

Здѣсь въ ряду 1, 2, 4, 16, 32, 64 недостаетъ числа 8; для разстоянія соотвѣтственной планеты мы должны имѣть 28. Дѣйствительно, это разстояніе почти совпадаетъ съ срединой пояса астероидовъ. Какъ разъ въ то время, когда принялись разыскивать эту планету, Піацци, поставившій задачею произвести точную провѣрку росписей неподвижныхъ звѣздъ, нашелъ звѣзду 8 величины, которая не значилась въ его росписяхъ, заключавшихъ звѣзды гораздо меньшей величины. Когда въ слѣдующіе дни обнаружилось, что новая звѣзда перемѣщается, онъ заключилъ, что имѣетъ дѣло съ однимъ изъ членовъ солнечной системы; однако, и для него, и для первыхъ астрономовъ, узнавшихъ объ открытіи, оставалось еще неяснымъ, имѣютъ ли они передъ собою комету безъ хвоста или планету. Сомнѣнія были разрѣшены только благодаря теоретическимъ разсчетамъ молодого Гауса, который въ то время, не смотря на свои 26 лѣтъ, пріобрѣлъ уже всемірную извѣстность.

Вопросъ о недостающей планетѣ между Марсомъ и Юпитеромъ казался такимъ образомъ астрономамъ того времени вполнѣ исчерпаннымъ, и потому когда изслѣдователь кометъ Ольберсъ въ Бременѣ, наблюдая Цереру 28 марта 1802 года, снова натолкнулся на какую-то звѣзду, которую онъ въ первый разъ встрѣтилъ на хорошо ему извѣстномъ мѣстѣ, и которая, какъ онъ нашелъ, удалялась отъ этого мѣста, то онъ заключилъ, что имѣетъ передъ собою не планету, а комету. И здѣсь сомнѣнія были разрѣшены только при помощи разсчета. Вторая малая планета, представляющая почти такую же видимую величину, какъ первая, была названа Палладой.

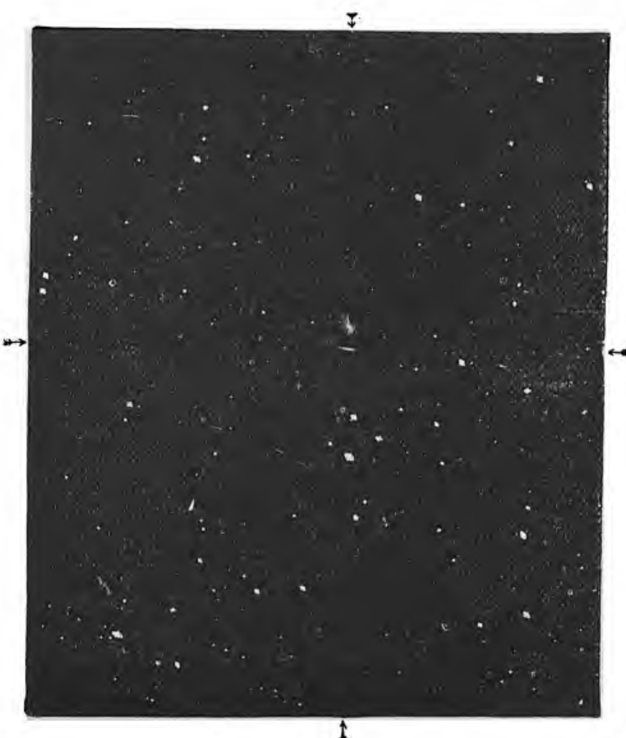
Однако, мысль о томъ, что въ указанномъ промежуткѣ возможно присутствіе большого числа планетъ, еще не возникала. Это понятно, если принять въ разсчетъ, что въ теченіе долгаго періода до этой эпохи къ немногимъ издавна уже извѣстнымъ планетамъ прибавился всего одинъ Уранъ. Трудно было отказаться отъ мысли, что планетная система состоитъ изъ немногихъ членовъ, подобно ея малой копіи, именно системѣ планетныхъ спутниковъ. Но такъ какъ теперь не было сомнѣнія, что между Марсомъ и Юпитеромъ существуютъ двѣ планеты, то Ольберсу пришла мысль, не составляли ли нѣкогда эти оба тѣла одного цѣлаго, разорвавшагося вслѣдствіе вмѣшательства какой нибудь силы. Этотъ взглядъ находилъ себѣ поддержку въ томъ, что въ одной точкѣ орбиты обоихъ небесныхъ тѣлъ почти пересѣкаются; возможно, что въ этомъ мѣстѣ и произошла катастрофа, благодаря которой міровое тѣло раздѣлилось. Хотя это сомнительное мнѣніе и было впослѣдствіи оставлено, однако, оно способствовало дальнѣйшему открытію предполагаемыхъ обломковъ: 1 сентября 1804 г. Гардингъ на частной обсерваторіи Шрётера въ Лиліенталѣ открылъ Юнону, 29 марта 1807 г. Ольберсъ открылъ Весту. Послѣдняя — самая большая планета изъ этой группы и при благопріятномъ положеніи видима для очень хорошихъ глазъ, даже невооруженныхъ зрительнымъ аппаратомъ.

Къ первому и слѣдующимъ десятилѣтіямъ нашего столѣтія относится большая работа точной картографіи звѣзднаго неба; при этой работѣ никакъ не могла бы пройти незамѣченной движущаяся звѣзда, имѣющая одинаковые размѣры съ только что названнымъ астероидомъ. Но такъ какъ подобной звѣзды на картѣ не оказалось, то явилось убѣжденіе, что этими четырьмя свѣтилами пробѣлы заполнены достаточно, и потому болѣе не производили особенно тщательныхъ изысканій въ этомъ направленіи.

Такъ прошло 38 лѣтъ послѣ открытія Весты, пока любитель астрономіи Хенке въ Дризенѣ не открылъ пятой малой планеты — Астреи. Новое свѣтило отличалось отъ четырехъ уже извѣстныхъ свѣтилъ этого цикла

значительно меньшей силой свѣта; это вызвало предположеніе, что по сходнымъ орбитамъ можетъ совершать движеніе значительное количество подобныхъ небольшихъ тѣлъ; ибо столь мелкія звѣзды 10 величины оставались въ то время, да и теперь остаются еще не занесенными въ каталоги съ достаточной полнотой. Число такихъ звѣздъ опредѣляется въ милліонъ.

И потому когда Хенке, продолжая изысканія, менѣе чѣмъ черезъ два года нашелъ еще маленькую планету, Гебу, началась всеобщая погоня за этими крошечными небесными существами, и съ тѣхъ поръ каждый годъ безъ исключенія приносилъ одну или нѣсколько такихъ планетъ; ихъ розысканія продолжаются съ большимъ рвеніемъ и по настоящее время. До 1896 года такихъ свѣтилъ уже открыто до 400; въ 1899 г. ихъ уже было 440. Одинъ Пализа открылъ ихъ 83; Шарлоа изъ Ниццы 72, изъ нихъ 46 были найдены описаннымъ выше фотографическимъ методомъ. Вольфъ также фотографіей въ короткое время открылъ 22 планеты.



Астероидъ (422) Веролина, открытый въ созвѣздіи Рыбъ при помощи фотографіи Г. Витомъ на обсерваторіи Ураніи въ Берлинѣ 8 октября 1896 г. (см. текстъ стр. 158).

Съ усовершенствованіемъ оптическихъ инструментовъ и методовъ наблюденія, понятно, открывали все меньшія планеты, но планетъ сравнительно большихъ размѣровъ не находили. Поэтому въ настоящее время мы можемъ быть увѣрены, что въ этомъ кольцѣ нѣтъ большихъ астероидовъ примѣрно до 9 величины; слѣдовательно, важнѣйшія по размѣрамъ свѣтила этого класса намъ извѣстны. Изъ статистическихъ разсчетовъ можно, повидимому, заключить, что для величины этихъ тѣлъ существуютъ минимальные предѣлы, которые вовсе не зависятъ отъ недостаточности нашихъ зрительныхъ аппаратовъ.

Всѣ эти свѣтила, исключая трехъ самыхъ большихъ, кажутся даже въ лучшіе телескопы точками безъ измѣримаго поперечника. Поэтому какое нибудь представленіе объ истинной ихъ величинѣ можно составить только при помощи того же фотометрическаго метода, который послужилъ для опредѣленія величины лунъ Марса. Мы знаемъ, что для этой цѣли необходимо сдѣлать нѣкоторыя предположенія относительно свѣтоотражательной способности, какою обладаютъ поверхности этихъ свѣтилъ. Но подобныя представленія всегда очень гадательны, стоитъ хотя бы сравнить, какъ различно отражаютъ свѣтъ планеты, имѣющія видимый поперечникъ. Принимая напр. альбедо для Марса за 1, получимъ, на основаніи тщательныхъ фотометрическихъ изслѣдованій Мюллера, слѣдующія величины для альбедо большихъ планетъ:

Меркурій .	0,64	Марсъ	1,00	Сатурнъ	3,28	Нептунъ	2,36
Венера	3,44	Юпитеръ	2,79	Уранъ	2,73		

Которое же изъ этихъ чиселъ выбрать для астероидовъ? Выбирать придется болѣе или менѣе произвольно, такъ какъ къ сожалѣнію мы совсѣмъ ничего не знаемъ о характерѣ поверхности этихъ свѣтилъ. Судя по незначительнымъ свѣтовымъ оттѣнкамъ, которыя ясно были замѣчены на нѣкоторыхъ планетоидахъ при измѣненіи ихъ положенія относительно солнца, и которыя совершенно не зависятъ отъ измѣненія разстоянія этихъ планетоидовъ отъ насъ, можно съ вѣроятностію заключить, что по физической природѣ одни изъ нихъ нѣсколько похожи на Марсъ, другіе — на Меркурій. Предполагая, что альбедо этихъ небесныхъ тѣлъ равно альбедо той или другой изъ двухъ названныхъ большихъ планетъ, можно вычислить соотвѣтственныя величины поперечниковъ малыхъ планетъ, приведенныя въ слѣдующей таблицѣ.

Поперечники трехъ самыхъ яркихъ малыхъ планетъ въ километрахъ (по Мюллеру и Барнарду).

	Альбедо 0,64:	Альбедо 1,00:	Прямое измѣреніе:
Церера	475 км.	379 км.	964 км.
Веста .	473 "	377	381
Паллада .	354	282	439

Послѣдній рядъ чиселъ есть результатъ прямого опредѣленія поперечниковъ, которое произвелъ Бернердъ съ помощъю Ликскаго рефрактора. Только при помощи этого телескопа удалось достаточно отчетливо различить совершенно маленькіе диски планетоидовъ, даже при болѣе сильномъ увеличеніи, едва отличающіеся отъ точекъ, и произвести надъ ними микрометрическія измѣренія, заслуживающія довѣрія. Послѣдній рядъ чиселъ, принадлежащихъ Бернерду, конечно, представляетъ гораздо большую вѣроятность, сравнительно съ данными Мюллера, полученными при нѣкоторыхъ допущеніяхъ, не подвергнутыхъ провѣркѣ. Большое различіе между числами Мюллера и Бернерда для Цереры указываетъ только на то, что предположеніе, сдѣланное относительно способности этого свѣтила отражать свѣтъ, не правильно; поверхность этого свѣтила поглощаетъ, очевидно, гораздо болѣе свѣта, чѣмъ какое либо изъ постоянныхъ тѣлъ солнечной системы; Церера необычайно темное свѣтило. Отсюда можно съ достаточной вѣроятностью заключить, что на Церерѣ нѣтъ атмосферы, ибо всѣ большія планеты, которыя навѣрное окружены атмосферой, имѣютъ большое альбедо и очень ярки, благодаря значительной отражательной способности облаковъ. Для Весты оправдывается допущеніе. что поверхность ея обладаетъ такой же яркостью, какъ поверхность Марса, но Паллада, которая ранѣе всегда считалась меньше Весты, оказывается больше ея, а слѣдовательно темнѣе, чѣмъ прежде предполагалось. По измѣреніямъ Бернерда поперечникъ обоихъ послѣднихъ свѣтилъ меньше поперечника нашей земли приблизительно въ двадцать пять — тридцать разъ, а Цереры почти въ четырнадцать.

При оцѣнкѣ величины всѣхъ другихъ малыхъ планетъ мы исключительно принуждены опираться на фотометрическій методъ; этимъ методомъ для поперечниковъ наименьшихъ планетоидовъ мы получаемъ величины въ 9 километровъ и меньше, слѣдовательно, эти тѣла немного болѣе лунъ Марса. На примѣрѣ Церера можно видѣть, что эти величины иногда могутъ быть увеличены даже вдвое.

Но зато въ высшей степени невѣроятно, чтобы тѣла эти въ дѣйствительности были меньше, чѣмъ слѣдуетъ изъ фотометрическихъ измѣреній; такъ какъ иначе пришлось бы допустить большее альбедо, а слѣдовательно и атмосферу вокругъ этихъ крошечныхъ свѣтилъ, что для самыхъ малыхъ свѣтилъ — почти немыслимо, какъ это будетъ объяснено позднѣе. Только Веста при спектеральномъ изслѣдованіи обнаруживаетъ слѣды атмосферы. Считая правильными величины поперечниковъ, находимыя

фотометрически, можно вычислить, что если всѣ извѣстныя малыя планеты соединить въ одну, то составилось бы тѣло, поперечникъ котораго былъ бы въ двадцать разъ меньше поперечника нашей земли. Сравнительно съ измѣреніями Бернерда это отношеніе было бы слишкомъ мало; но во всякомъ случаѣ ясно, что общая масса астероидовъ гораздо менѣе массы самой малой изъ большихъ планетъ — Меркурія.

Болѣе мы почти ничего не знаемъ о свойствахъ этой группы мельчайшихъ міровъ. Удивительно, что нѣкоторыя изъ малыхъ планетъ имѣютъ очень замѣтную окраску; напр., Ирисъ ясно окрашена въ красный цвѣтъ; слѣдовательно въ этомъ отношеніи она имѣетъ сходство съ Марсомъ. Нѣкоторые наблюдатели утверждаютъ, будто они наблюдали иногда внезапныя измѣненія свѣта на отдѣльныхъ малыхъ планетахъ. Однако, справедливость этого наблюденія не доказана съ достаточной достовѣрностью.

Само собою разумѣется, было бы безполезнымъ трудомъ — отыскивать эти маленькія созданія, и затѣмъ вычислять ихъ пути, если бы они не могли обогатить наше знаніе въ другихъ отношеніяхъ. Положеніе ихъ орбитъ, ихъ взаимная близость, ихъ движенія представляютъ много интересныхъ и важныхъ сторонъ для разъясненія основыхъ законовъ. Этими вопросами мы займемся во второй части.

Въ 1898 году семья малыхъ планетъ обогатилась новымъ сочленомъ, выдѣляющимся изъ ряда вонъ по своему замѣчательному движенію. Д-ръ Витъ въ Берлинѣ, директоръ акціонерной обсерваторіи Уранія, открылъ малую планету, поразившую его быстротою своего движенія. Когда была опредѣлена орбита этой планеты (№ 433, DQ), то оказалось, что часть ея выходитъ за орбиту Марса и лежитъ ближе къ землѣ, чѣмъ орбита Марса. Она названа Эросомъ. Наименьшее ея разстояніе отъ земли можетъ быть въ $22^1/_2$ милл. килом., а Марсъ, какъ извѣстно, приближается къ землѣ всего на 57 милліоновъ километровъ. Если астрономы пользуются Марсомъ, во время его противостояній, для опредѣленія параллакса солнца, то Эросъ представляетъ собою несравненно больше удобствъ для той же задачи. Къ сожалѣнію, наименьшее разстояніе между Эросомъ и землею, равное $22^1/_2$ мил. килом., бываетъ одинъ только разъ въ 30 лѣтъ; послѣдній разъ оно было 31 Января 1894 года, но тогда никто не подозрѣвалъ объ его существованіи; затѣмъ великое противостояніе повторится только въ концѣ 1924 года.

Обратимъ вниманіе еще на слѣдующія особенности видимаго движенія Эроса. Всѣ верхнія планеты, во время своихъ противостояній, имѣютъ обратное или попятное движеніе; новая же планета во время такъ называемаго великаго противостоянія, когда она всего ближе къ землѣ ($22^1/_2$ мил. килом.), имѣетъ прямое движеніе; это зависитъ отъ значительной скорости ея движенія въ это время. Для жителей Марса (если бы только они существовали), движеніе Эроса представлялось бы весьма запутаннымъ: онъ былъ бы то верхнею, то нижнею планетою; онъ находился бы то на эклиптикѣ, то на экваторѣ, то въ самомъ полюсѣ міра или въ полюсѣ эклиптики.

Другой подобной планеты астрономамъ еще не удавалось наблюдать; можетъ быть, Эросъ является первою планетою въ своемъ родѣ.

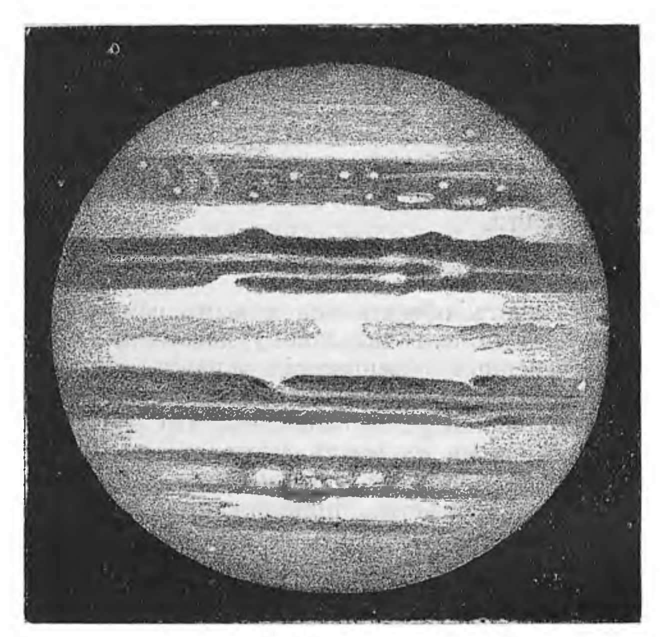
С. Глазенапъ.

---

6. Юпитеръ.

По ту сторону кольца, въ которомъ совершаютъ свой путь сонмы крошечныхъ свѣтилъ, родственныхъ землѣ, движется вокругъ солнца

самая большая изъ всѣхъ планетъ — Юпитеръ; онъ болѣе другихъ свѣтилъ нашей системы сходенъ съ солнцемъ не только по своей величинѣ, но и по своимъ физическимъ свойствамъ. Хотя нѣсколько желтоватый блескъ Юпитера, которымъ мы ежегодно въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ можемъ любоваться по цѣлымъ ночамъ, иногда слабѣетъ передъ блескомъ Венеры, за то свѣтъ Юпитера не испытываетъ такихъ большихъ колебаній, какъ свѣтъ Венеры: величивая сила, олимпійское спокойствіе и правильность въ смѣнѣ явленій — вотъ ихъ характерныя черты, за которыя этой планетѣ дано было имя отца боговъ, еще въ древности когда могли только развѣ догадываться о дѣйствительномъ громадномъ превосходствѣ этого свѣтила надъ его собратьями въ солнечномъ царствѣ (см. раскрашенную таблицу къ стр. 180).

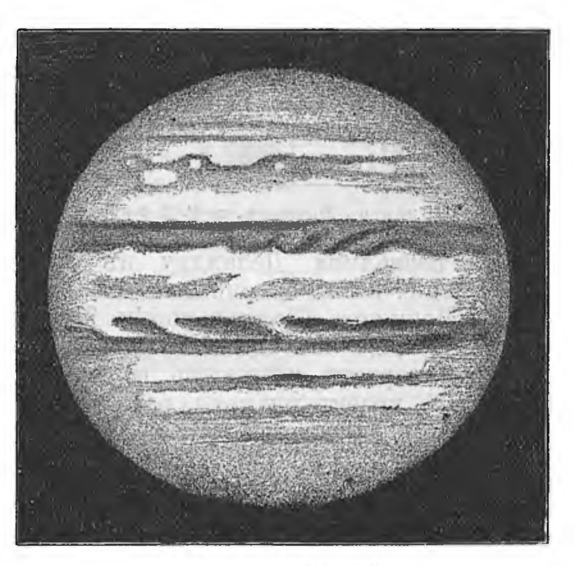


Юпитеръ Рис. Килера на Ликской обсерваторіи 10 іюля 1889 г.

Какъ и слѣдовало ожидать по сравнительно малымъ колебаніямъ, какія испытываетъ яркость Юпитера, мы наблюдаемъ въ телескопъ, что поперечникъ его измѣняется далеко не такъ сильно, какъ поперечникъ всѣхъ остальныхъ планетъ, которыя мы разсматривали до сихъ поръ. Наибольшій поперечникъ Юпитера, который, какъ для Марса, наблюдается во время противостоянія планеты по отношенію къ солнцу, равенъ 49",5; слѣдовательно, онъ никогда не достигаетъ величины поперечника Венеры (65,2″). За то наименьшій поперечникъ, въ соединеніи планеты, нѣсколько больше 30″, т, е. втрое больше наименьшаго попоречника Венеры, когда она находится въ соотвѣтственномъ положеніи къ солнцу. Взаимное отношеніе этихъ размѣровъ можно видѣть на стр. 164 и 165. Если держать эти рисунки на разстояніи 1 м. отъ глаза, то они соотвѣтствуютъ видимымъ размѣрамъ Юпитера при увеличеніи въ 300 разъ.

Смѣна фазъ Юпитера совершается въ еще болѣе слабой степени, чѣмъ для Марса, хотя ихъ не трудно замѣтить въ телескопъ въ положеніи квадратуръ относительно солнца. Эта неотчетливость фазъ въ теченіе синодическаго обращенія, продолжающагося нѣсколько болѣе 13 мѣсяцевъ, въ связи съ незначительными колебаніями въ величинѣ поперечника, естественно наводитъ на мысль, что Юпитеръ совершаетъ свой путь на болѣе значительномъ разстояніи отъ солнца, чѣмъ Марсъ. Точными опредѣленіями найдено, что это разстояніе ровно 5,2 разстоянія нашей земли, т. е. круглымъ числомъ 104 милліонамъ миль или 773 милліонамъ километровъ. Сопоставляя это разстояніе съ даннымъ ранѣе видимымъ поперечникомъ, мы найдемъ, что истинный его поперечникъ равенъ 141000 км. Слѣдовательно, эта гигантская планета размѣрами въ одиннадцать разъ болше нашей земли и только въ десять разъ меньше самого солнца, Поверхность Юпитера въ 117 разъ больше поверхности

нашей планеты. Если бы помѣстить всю поверхность земли на поверхности Юпитера, то она заняла бы меньше мѣста, чѣмъ на землѣ занимаетъ Европейская Россія. При взглядѣ на эту планету въ телескопъ сразу бросается въ глаза одна особенность, которая намъ не встрѣчалась на разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ членахъ солнечной системы: это сжатіе планеты. Уже на глазомѣръ видно, что видимый дискъ Юпитера имѣетъ съ востока на западъ большій поперечникъ, чѣмъ съ сѣвера на югъ. Разница между обоими поперечниками составляетъ 15-ю или 16-ю часть ихъ величины, а это равно приблизительно 9000 км, или $^3/_4$ земного поперечника: на эту величину разстояніе между полюсами Юпитера меньше разстоянія между двумя противоположными точками экватора. Что эта сплющенность совпадаетъ дѣйствительно съ полюсами, т. е. съ точками, черезъ которыя проходитъ ось вращенія планеты, доказывается видимыми движеніями частей поверхности планеты, о чемъ сейчасъ будетъ рѣчь. Въ этомъ отношеніи Юпитеръ обнаруживаетъ общую съ землей особенность, которой не удалось съ достовѣрностью наблюдать на Меркуріи, Венерѣ и Марсѣ. Однако, надо замѣтить, что сплющенность земли гораздо меньше, чѣмъ сплющенность Юпитера; какъ извѣстно, она равна всего около $^1/_{300}$ земного поперечника. Если бы названныя планеты были сплющены въ такой же степени, какъ земля, то мы нашими измѣрительными инструментами не могли бы этого точно опредѣлить, хотя въ настоящее время съ помощью ихъ и удается производить очень точныя измѣренія.

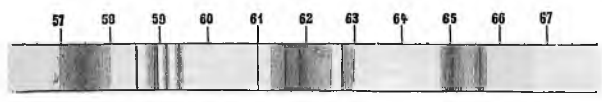


Юпитеръ. Рис. Килера на Ликской обсерваторіи 15 іюл 1889 г.

Теоретическія соображенія говорятъ намъ, что сжатіе планеты должно стоять въ опредѣленныхъ отношеніяхъ къ скорости ея вращенія; это станетъ понятнымъ, если принять въ разсчетъ, что расширеніе сплющеннаго шара по экватору есть результатъ центробѣжной силы, которая возрастаетъ вмѣстѣ со скоростью вращенія. Если извѣстна скорость вращенія точки на экваторѣ планеты, а также извѣстна плотность вещества планеты (отъ плотности зависитъ сопротивленіе отбрасыванію частицъ), то сжатіе можно вычислить теоретически. Для земли эта величина согласуется съ величиной, полученной прямымъ измѣреніемъ. Для Меркурія, Венеры и Марса, даже если принять для двухъ первыхъ время вращенія равнымъ одному дню, эта величина лежитъ за предѣлами доступными нашему измѣренію. Для Марса она равна десятой части дуговой секунды, т, е. въ 150 — 200 разъ менѣе толщины человѣческаго волоса, помѣщеннаго на разстояніи яснаго зрѣнія отъ глаза. И дѣйствительно, на Марсѣ можно было открыть слѣды такой сплющенности.

Необычайно большое сжатіе Юпитера уже теоретически приводитъ къ тому заключенію, что планета должна вращаться очень быстро вокругъ своей оси, и это дѣйствительно подтверждается наблюденіемъ. Средняя скорость вращенія этой громадной планеты равна всего 9 часамъ 55 минутамъ. Такую продолжительность имѣютъ на Юпитерѣ сутки, счи-

тая вмѣстѣ и день, и ночь. Промежутокъ времени, въ теченіе котораго предполагаемый обитатель Юпитера видитъ солнце, не длиннѣе части нашего зимняго дня, считая до полудня. Если принять въ разсчетъ, что Юпитеръ въ одиннадцать разъ больше земли, и потому длина его экватора во столько же разъ больше длины земнаго экватора; кромѣ того, что угловая скорость его движенія больше въ $2^1/_2$ раза угловой скорости вращенія земли, то окажется, что каждая точка на экваторѣ Юпитера движется вокругъ центра планеты въ 26—27 разъ скорѣе, чѣмъ точка земного экватора. Эта скорость достигаетъ тамъ поразительной величины въ $12^1/_2$ км. въ секунду. Поэтому безъ дальнѣйшихъ вычисленій мы можемъ понять неизбѣжность значительной сплющенности, и надо еще удивляться, что при столь значительномъ вращеніи, быстроту котораго трудно себѣ представить, поверхностныя части планеты на экваторѣ не отбрасываются въ міровое пространство. На землѣ всякая точка на экваторѣ проходитъ въ секунду 465 м.; эта скорость равна скорости пули нашихъ лучшихъ ружей. Соотвѣтственная скорость на Юпитерѣ относится къ скорости на землѣ, какъ скорость ружейной пули къ скорости поѣзда.



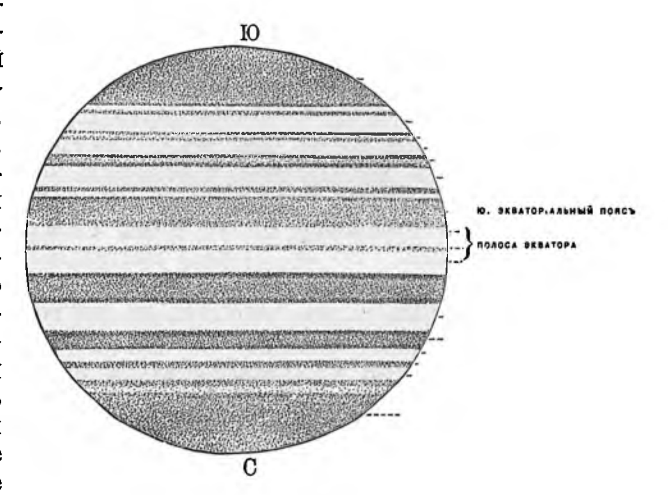
Спектръ Юпитера, по Г. К. Фогелю.

Такая громадная скорость позволила Деландру въ Парижѣ сдѣлать крайне интересное наблюденіе, которое основывается на изложенномъ выше (стр. 80) принципѣ Допплера. При вращеніи Юпитера одинъ его край удаляется отъ насъ на 12,4 км. въ секунду, другой приближается съ той же скоростью; скорости свѣтовыхъ волнъ, идущихъ къ намъ отъ восточнаго и западнаго краевъ планеты, различаются, слѣдовательно, другъ отъ друга на 24,8 км. Кромѣ того эти края, прежде чѣмъ отбросить къ намъ солнечный свѣтъ, отдаляются отъ него или движутся къ нему навстрѣчу. Вслѣдствіе этого дѣйствіе удваивается, и разница въ скорости свѣта для обоихъ краевъ достигаетъ не менѣе 49,5 км., что и можно подтвердить теперь, съ большою достовѣрностью, измѣряя смѣщенія спектральныхъ линій. Спектроскопическое изслѣдованіе на самомъ дѣлѣ дало 47,3 км., что служитъ прекраснымъ подтвержденіемъ принципа Допплера, который во многихъ отношеніяхъ оказался необыкновенно плодотворнымъ при изслѣдованіи міра неподвижныхъ звѣздъ.

Пуанкаре по этому случаю высказалъ очень остроумную идею, выполненіе которой, однако, въ настоящее время встрѣчаетъ техническія трудности. Только что указанное удвоеніе дѣйствія для свѣтовыхъ волнъ, отбрасываемыхъ вращающимся тѣломъ, можетъ помочь отдѣлить другъ отъ друга тѣ измѣненія въ спектрѣ, которыя зависятъ отъ атмосферы трехъ небесныхъ тѣлъ: солнца, планеты и земли, участвующихъ въ явленіи. Мы уже знаемъ, какъ до сихъ поръ трудно было сдѣлать это, именно выдѣлить дѣйствіе нашей атмосферы, которая, какъ можно думать, не слишкомъ отличается отъ атмосферъ другихъ изслѣдованныхъ въ этомъ отношеніи планетъ. Солнечный свѣтъ, очевидно, долженъ испытывать двойное вліяніе, какъ это объяснено выше; поэтому линіи поглощенія солнечной атмосферы должны быть наиболѣе сдвинуты. Измѣненія же спектра въ атмосферѣ планеты, выразятся только половиной смѣщенія, а измѣненія спектра въ нашей атмосферѣ вовсе не вызовутъ смѣщенія линій. Такимъ образомъ для одного и того же вещества, которое можетъ находиться въ атмосферахъ солнца, изслѣдуемой планеты и въ нашей атмосферѣ, мы получимъ въ спектрѣ три группы линій, лежащихъ близко другъ къ другу, и по ихъ положенію можемъ судить о мѣстѣ ихъ происхожденія. Все дѣло въ томъ, чтобы построить такіе инструменты, при помощи которыхъ можно было бы

разложить на отдѣльныя составныя части полосы, близко лежащія другъ къ другу, и производящія впечатлѣніе одной широкой линіи.

Спектроскопическія наблюденія свидѣтельствуютъ впрочемъ о существованіи **атмосферы** на Юпитерѣ гораздо яснѣе, чѣмъ для другихъ разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ планетъ. Въ красной части спектра Юпитера не только ясно выступаютъ неоднократно упоминавшіяся уже „теллурическія полосы“, характеризующія нашу атмосферу, и появляющіяся въ спектрѣ Юпитера даже тогда, когда при его высокомъ положеніи вліяніе нашего воздуха на его спектръ не можетъ быть значительно, но кромѣ того въ красной же части наблюдается еще широкая полоса поглощенія, средина которой отвѣчаетъ длинѣ волны въ 618 микронъ (= милліонной части миллиметра). На прилагаемомъ рисункѣ (стр. 166) изображенъ спектръ Юпитера съ полосами поглощенія по Г. К. Фогелю. Нѣтъ сомнѣнія, что эта громадная планета окружена сильно поглощающей, т. е. очень плотной и лежащей толстымъ слоемъ атмосферой, которая, по химическому составу, въ общемъ подобна нашей, хотя и отличается отъ нея въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ, сущность которыхъ еще недостаточно выяснена: объ этомъ отличіи свидѣтельствуетъ полоса, соотвѣтствующая 618 $\mu\mu$. Имѣется ли тамъ кромѣ составныхъ частей нашей атмосферы еще другое вещество, дающее эту полосу, или эта полоса происходитъ вслѣдствіе иныхъ количественныхъ отношеній между составными частями атмосферы, или же вслѣдствіе того, что на Юпитерѣ земные атмосферные газы находятся подъ другимъ давленіемъ, эти вопросы въ настоящее время остаются пока неразрѣшимыми.



Схематическое изображеніе поясовъ на Юпитерѣ.

На поверхности Юпитера, какъ это мы сейчасъ увидимъ, рядомъ съ желтоватобѣлыми областями, замѣчаются также темныя области съ красноватымъ оттѣнкомъ. Конечно, интересно было изслѣдовать спектроскопически обѣ области въ отдѣльности. Оказалось, что темныя области не только даютъ вообще менѣе интенсивный спектръ, но кромѣ того обнаруживаютъ отчетливое расширеніе темныхъ линій, а это показываетъ, что здѣсь происходитъ болѣе сильное поглощеніе вслѣдствіе болѣе глубокаго проникновенія солнечнаго свѣта въ атмосферу Юпитера. Такимъ образомъ, основываясь на свидѣтельствѣ спектроскопа, мы могли бы болѣе свѣтлыя области считать облаками, собирающимися въ высшихъ слояхъ атмосферы Юпитера, а темныя — промежутками, въ которые, можетъ быть, видны части поверхности планеты. Замѣчательно то, что по Фогелю, **спектръ Юпитера**, повидимому, претерпѣваетъ **колебанія**, которыя находятся въ связи съ одной стороны съ общими колебаніями въ яркости, замѣченными Мюллеромъ, а съ другой съ періодически измѣняющейся дѣятельностью солнца. Общая яркость, т. е. **альбедо** планеты, по вычисленію Мюллера, имѣетъ очень большую величину 2,79 (принимая альбедо Марса за 1), которую превосходитъ только альбедо Венеры и Сатурна. Вполнѣ понятно, что вмѣстѣ

съ альбедо претерпѣваетъ колебаніе и яркость спектра. Но вмѣстѣ съ тѣмъ можно замѣтить въ спектрѣ измѣненіе такого рода, что онъ приближается къ характеру спектра свѣтлыхъ областей: фраунгоферовы линіи, происходящія отъ солнца, дѣлаются отчетливѣе, а полосы поглощенія, образованныя атмосферой Юпитера, слабѣютъ. Такимъ образомъ уже изъ спектроскопическихъ наблюденій мы можемъ сдѣлать выводъ, что въ данное время на Юпитерѣ образованіе облаковъ совершается значительнѣе, и это подтверждается опредѣленіями альбедо, такъ какъ, по изслѣдованіямъ надъ другими планетами, болѣе яркое альбедо, повидимому, связано съ болѣе плотнымъ облачнымъ покровомъ. Не такъ легко объяснить наблюдаемую связь съ солнечной дѣятельностью. Какъ разъ въ то время, когда солнце чаще затемняется пятнами, т. е. когда, какъ можно думать, его общая яркость уменьшается, увеличивается яркость Юпитера. Мы вернемся къ этому вопросу, когда намъ придется знакомиться съ процессами, совершающимися на солнцѣ, и съ его вліяніемъ на все окружающее; тогда мы увидимъ, что и на землю солнечная дѣятельность производитъ своеобразное вліяніе.

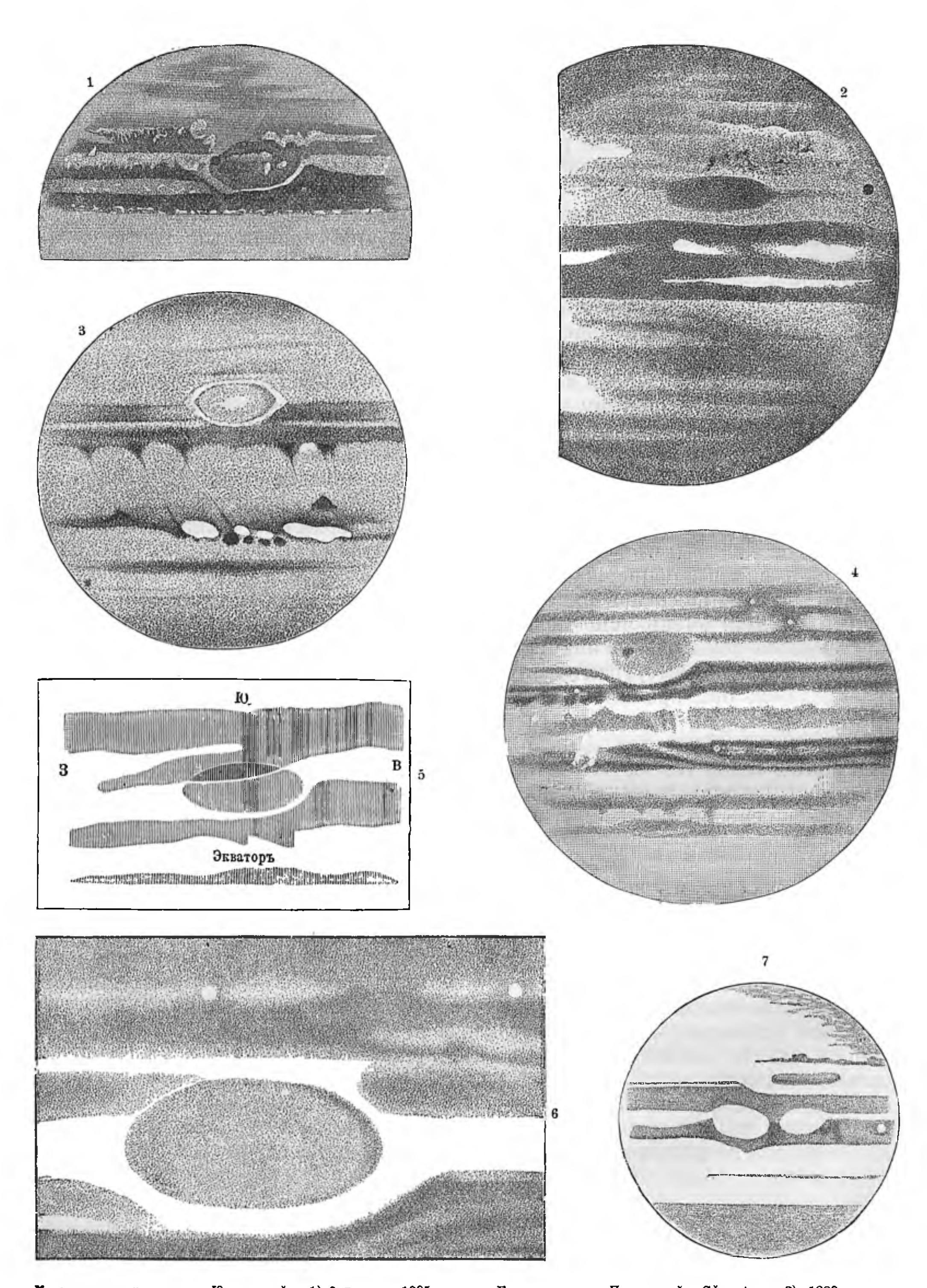
Если мы отъ этихъ общихъ свѣтовыхъ явленій обратимся къ спеціальнымъ наблюденіямъ надъ поверхностью планеты, то наше предположеніе о присутствіи въ атмосферѣ Юпитера плотныхъ облачныхъ полосъ тотчасъ же найдетъ себѣ полное подтвержденіе. Уже въ самый незначительный телескопъ можно видѣть на громадной планетѣ параллельныя полосы, которыя придаютъ диску видъ плоскошарія съ отчетливо обозначенными поясами. Но въ лучшіе зрительные инструменты можно различать, что эти свѣтлые и темные пояса не имѣютъ рѣдко очерченныхъ краевъ, иногда одинъ поясъ заходитъ на другой, а внутри поясовъ замѣчаются свѣтлыя и темныя пятна, вообще различныя неправильности. При этомъ ни одинъ поясъ не обнаруживаетъ вполнѣ постояннаго характера, хотя нѣкоторыя образованія на поверхности остаются неизмѣнными болѣе десяти лѣтъ, какъ, напр., такъ называемое „красное пятно“, къ которому мы еще возвратимся. Общее распредѣленіе свѣтлыхъ и темныхъ параллельныхъ полосъ остается почти неизмѣннымъ, такъ что можно было ввести для нихъ опредѣленную номенклатуру, какая и дана на прилагаемомъ выше (стр. 167), рисункѣ. По срединѣ диска, гдѣ надо помѣстить экваторъ планеты, основываясь на наблюденіи надъ ея вращеніемъ, замѣчается прежде всего довольно широкій блестящій бѣлый поясъ, который часто перерѣзается узкой темной полосой въ томъ самомъ мѣстѣ, гдѣ какъ разъ проходитъ экваторъ. Ширина экваторіальнаго пояса была въ 1889 году опредѣлена на Ликской обсерваторіи въ 37000 км., включая сюда обѣ широкія темныя экваторіальныя полосы, которыя съ сѣвера и съ юга прилегаютъ къ свѣтлому поясу. Затѣмъ на обоихъ полушаріяхъ слѣдуетъ система свѣтлыхъ и темныхъ узкихъ полосъ, которыя представляютъ „умѣренный поясъ“ Юпитера. На сѣверномъ и южномъ полюсѣ находятся темныя пятна, на которыхъ только очень рѣдко можно различить какую нибудь подробность. Если бѣлыя образованія на планетѣ дѣйствительно облака, то изъ отчетливаго раздѣленія ихъ на пояса — тропическій, два умѣренныхъ и два полярныхъ — мы видимъ, что въ атмосферѣ Юпитера совершается работа, происходитъ циркуляція, въ основныхъ чертахъ не отличающаяся отъ движеніи въ нашей атмосферѣ. На землѣ также точно большія цѣпи облаковъ располагаются поясами, и если бы смотрѣть на нихъ сверху, ихъ края представлялись бы параллельными другъ другу и параллельными экватору. Въ тропическомъ поясѣ бѣлая полоса отмѣтила бы тѣ области, гдѣ царитъ періодъ дождей; тотъ умѣренный поясъ, гдѣ было бы лѣто, казался бы внѣземному наблюдателю болѣе темнымъ, чѣмъ умѣренный поясъ другого полушарія, такъ какъ лѣтомъ воздухъ яснѣе, и сквозь него можно видѣть темную почву земли.

Правда, на землѣ мы не замѣчаемъ столь разнообразнаго и рѣзкаго расчлененія параллельныхъ облачныхъ полосъ, какъ на Юпитерѣ. Этотъ параллелизмъ есть результатъ вращательнаго движенія. При циркуляціи воздуха отъ полюсовъ къ экватору и обратно, облака постоянно перекочевываютъ въ области различныхъ скоростей. На экваторѣ Юпитера, какъ мы знаемъ, эта скорость равна около $12^1/_2$ км.; на полюсахъ она равна нулю. Поэтому, если токъ воздуха отъ экватора попадаетъ въ большія широты, то онъ будетъ опережать существующую тамъ скорость, а такъ какъ движеніе планеты совершается отъ запада къ востоку, то образуется западный вѣтеръ, каковой и наблюдается на землѣ въ соотвѣтствующемъ разстояніи отъ экватора въ видѣ верхняго пассата. При движеніи воздуха отъ полюсовъ къ экватору, должно происходить обратное, такъ какъ токъ будетъ отставать отъ вращенія. То же самое происходитъ при восходящемъ и нисходящемъ движеніи воздуха. При равной угловой скорости вышележащіе слои воздушной оболочки проходятъ большій путь, чѣмъ нижележащіе; поэтому восходящій токъ воздуха будетъ отставать отъ вращенія и произведетъ восточный вѣтеръ, а нисходящій образуетъ западный. Но такъ какъ на экваторѣ отъ постояннаго нагрѣванія солнечными лучами образуется постоянное восходящее воздушное теченіе, то по обѣ стороны экватора въ верхнихъ слояхъ дуетъ постоянный восточный пассатъ; вообще мы должны придти къ заключенію, что на поверхности должны преобладать западные вѣтры; въ верхнихъ же слояхъ атмосферы восточные. На землѣ наблюденія вполнѣ подверждаютъ это заключеніе.

Наблюденія надъ поверхностью Юпитера и надъ измѣненіями, происходящими на ней, очень ясно показываютъ, что тамъ совершаются циркуляціи, подобныя земнымъ, но значительно энергичнѣе послѣднихъ. Объ этомъ можно судить по выступамъ свѣтлой экваторіальной полосы, правильно образующимся при вращательномъ движеніи: подобные выступы можно видѣть на рис. (см. 164) Килера (Keeler), приготовленномъ при помощи 36-дюймоваго рефрактора Ликской обсерваторіи 10 іюля 1889 г. Можно представить себѣ, что въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ восходящіе воздушные токи, достигающіе самыхъ верхнихъ областей атмосферы, имѣющей несомнѣнно очень значительную высоту, отстаютъ отъ вращенія планеты и потому изгибаются. Они вытягиваются въ видѣ полосъ въ темной области, и крайніе концы этихъ полосъ постепенно разсѣиваются. [1]) Очевидно, подобнымъ же образомъ возникли и мало измѣнчивыя полосы обоихъ умѣренныхъ поясовъ. Объ этомъ можно судить по болѣе медленному вращательному движенію, скорость котораго опредѣляется здѣсь по различнымъ деталямъ. Поясы Юпитера, изъ наблюденій надъ которыми было найдено указанное выше время обращенія Юпитера въ 9 часовъ $55^1/_2$ минутъ, лежатъ приблизительно между 15 и 45 градусами сѣверной и южной широты. Части же экваторіальнаго пояса совершаютъ одинъ оборотъ вокругъ оси планеты въ 9 часовъ 50 минутъ. Полярныя страны показываютъ болѣе быстрое вращеніе, какъ это и слѣдуетъ изъ изложенныхъ выше метеорологическихъ соображеній, взятыхъ изъ земныхъ условій. Здѣсь нѣтъ восходящаго воздушнаго тока, но существуетъ воздушное теченіе, направляющееся почти прямо къ полюсамъ. Какъ мы видѣли раньше это теченіе

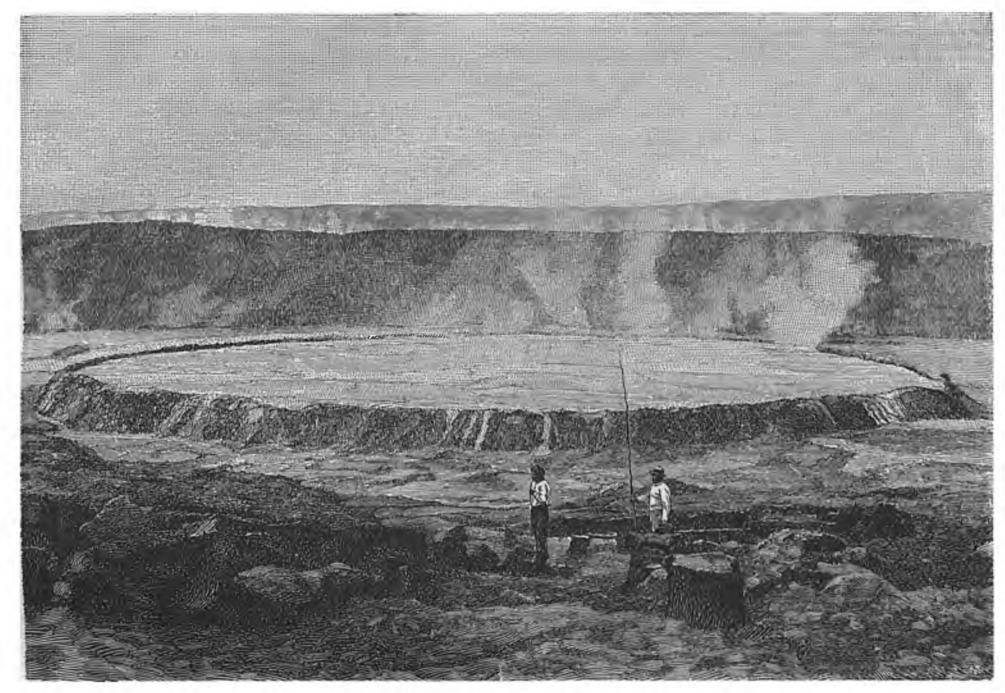
---

[1]) Слѣдуетъ указать, что обозначенія странъ неба на всѣхъ рисункахъ планетныхъ дисковъ соотвѣтствуютъ нашей земной точкѣ зрѣнія. Поэтому не нужно думать, что вращеніе Юпитера происходитъ съ востока на западъ, т. е. въ обратномъ направленіи, сравнительно съ вращеніемъ земли. Когда планеты находятся въ противостояніи, мы видимъ до извѣстной степени только ихъ нижнія стороны: обращенная отъ насъ половина планеты, если смотрѣть на нее съ солнца, имѣетъ такое же положеніе, какъ та половина земли, на которой мы находимся во время наблюденія и движется подобно землѣ съ запада на востокъ, какъ всѣ планеты, обладающія вращательнымъ движеніемъ.



Красное пятно на Юпитерѣ: 1) 9 января 1895 г. рис., Гордона въ Патерсонѣ, Сѣв. Ам.; 2) 1880 г., рис. М. В. Мейера въ Женевѣ; 3) 20 октября 1893 г., рис. Антоніади на обсерваторіи Фламмаріона въ Juvisy близъ Парижа; 4) 1889 г., рис. Килера на Ликской обсерваторіи; 5) съ полосою облаковъ, рис. 1886 г. Юнга; 6) 5 сентября 1888 г., рис. по увеличенію въ 630 разъ въ большой рефракторъ Ликской обсерваторіи; 7) 1878 г., рис. Нистена въ Брюсселѣ.

должно опередить ту степень вращенія, которая существуетъ въ бо́льшихъ широтахъ. Трудно опредѣлить, на сколько ускоряется къ полюсамъ вращательное движеніе, уменьшившееся въ умѣренныхъ широтахъ, такъ какъ въ очень большихъ широтахъ Юпитера рѣдко наблюдаются пятна, движеніе которыхъ можно бы прослѣдить въ теченіе долгаго времени. Эта зависимость вращательнаго движенія отъ широты на Юпитерѣ указываетъ на то, что мы не видимъ твердой поверхности планеты; послѣдняя, конечно, должна обладать отъ полюса до экватора совершенно одинаковой скоростью вращенія, какъ это напр. для Марса можно устано-



Вулканъ Килавея съ Огненнымъ озеромъ на островѣ Гавайи. По фотографіи.

вить съ точностью до сотыхъ долей секунды. Для Юпитера нельзя достигнуть такой точности по причинѣ измѣнчивости наблюдаемыхъ на немъ объектовъ. По тѣмъ же причинамъ мы вообще не знаемъ собственнаго времени обращенія твердаго ядра Юпитера, несомнѣнно, находящагося, подъ этими облачными массами. Только по аналогіи съ землей мы можемъ принять, что экваторіальныя облака дѣйствительно слѣдуютъ за собственнымъ движеніемъ планеты, облака же умѣренныхъ поясовъ опережаютъ ее, такъ что истинное время обращенія Юпитера должно лежать между 9 часами 50 и 9 часами 55 минутами.

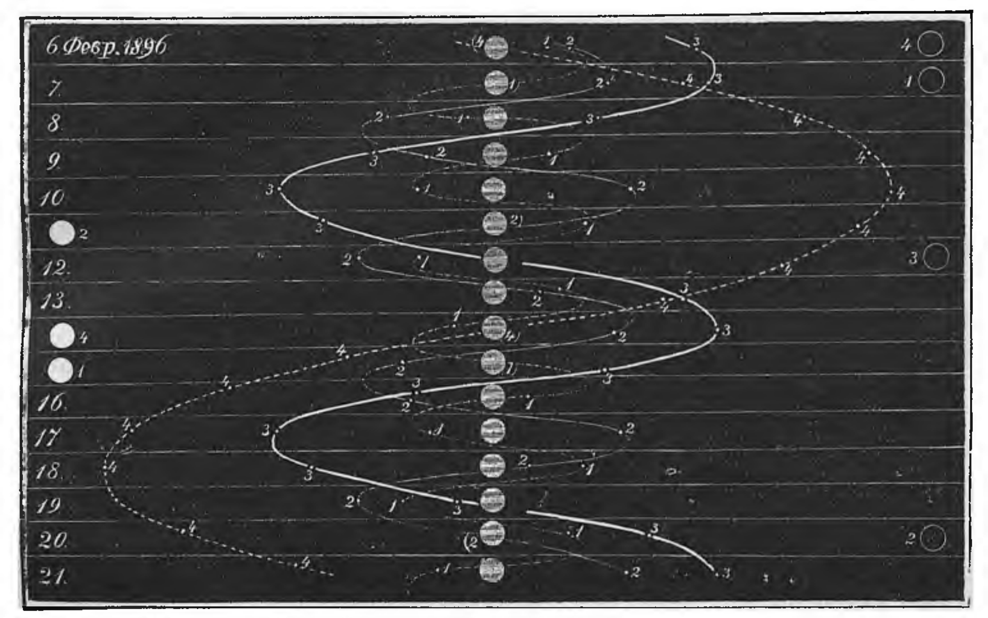
Для опредѣленія времени вращенія лучше всего могутъ служить блестящія бѣлыя точки, часто замѣчаемыя въ южномъ умѣренномъ поясѣ; сѣверный поясъ поразительно бѣденъ подобными образованіями. Систему этихъ пятенъ можно также видѣть на упомянутомъ уже рисункѣ Килера. Они располагаются замѣчательно симметрично: за двумя овальными свѣтлыми пятнами слѣдуютъ ближе къ полюсамъ два малыхъ круглыхъ пятна. Эти пятна и ихъ группировка оставались почти неизмѣнными въ теченіе цѣлаго ряда наблюденій, произведенныхъ Килеромъ, именно отъ начала іюля 1889 года до сентября включительно. Если это облака, въ чемъ убѣждаетъ насъ ихъ видъ и ихъ преходящее существовавіе, не смотря

на долгое постоянство, то они должны были образоваться при особыхъ обстоятельствахъ, которыя стоятъ въ связи съ твердыми частями поверхности. Если на Юпитерѣ допустить существованіе такихъ же условій, какъ на землѣ, то можетъ явиться мысль, что здѣсь горныя вершины и горные хребты собираютъ вокругъ себя облака и на долгое время задерживаютъ ихъ, или что вулканы въ теченіе длиннаго промежутка времени выбрасываютъ массу паровъ.

Особенно краснорѣчивое свидѣтельство о могучихъ процессахъ, которые дѣйствуютъ снизу на атмосферу Юпитера, даетъ упомянутое уже красное пятно, которое, кажется впервые увидали въ 1872 г. Кордэ и Терби. Сначала оно было еле замѣтно, затѣмъ къ началу восьмидесятыхъ годовъ сдѣлалось на столько отчетливымъ, что его можно было хорошо наблюдать даже въ незначительные телескопы, послѣ чего оно стало вновь медленно ослабѣвать, но остается видимымъ еще и теперь. Мы даемъ рисунки поверхности Юпитера съ этимъ пятномъ, полученные съ различными инструментами въ 1878, 1880, 1889, 1893 и 1895 г.г., а также большой рисунокъ этого пятна съ его окрестностями, какимъ его видѣлъ Килеръ въ большой Ликскій рефракторъ 5 сентября 1889 г. при увеличеніи въ 630 разъ. По измѣреніямъ съ тѣмъ же самымъ телескопомъ это пятно имѣло въ то время въ длину 29800 км,, т. е. три четверти земной окружности. Характерной чертой, которая повторяется на всѣхъ рисункахъ пятна, является выгибъ широкой облачной полосы въ южномъ умѣренномъ поясѣ, гдѣ наблюдается это удивительное явленіе. Кажется, какъ будто облачныя массы этой полосы испытали отталкиваніе со стороны пятна. Этотъ выгибъ можно прослѣдить до самаго экватора. Къ югу пятно ограничивается темной полосой, на которой вліяніе пятна не замѣтно. Лежащая еще далѣе къ югу бѣлая полоса иногда даетъ изгибъ, какъ это показываетъ большой рисунокъ Килера. Темная полоса, упомянутая выше, какъ будто перерѣзана здѣсь съ востока и запада облачнымъ мостомъ, такъ что все пятно окружено бѣлымъ ободомъ. Облака обѣгаютъ это красное пятно. Только одинъ или два раза можно было наблюдать, какъ надъ пятномъ прошелъ покровъ въ видѣ облака, какъ это видѣлъ Юнгъ въ 1886 г. (См. рисунокъ стр. 170, фиг. 5). Въ послѣднемъ случаѣ только верхняя часть пятна сохранила прежнюю красную окраску, но затѣмъ опять ясно было видно, какъ вса бѣлая полоса отодвинулась къ экватору.

Если мы будемъ искать объясненія этимъ фактамъ, то для насъ остается единственный исходъ — предположить здѣсь величественныя вулканическія явленія. Только очень сильный восходящій токъ воздуха, поднимающійся отъ соотвѣтственной области на поверхности Юпитера, можетъ оттѣснить цѣпи облаковъ, гонимыя вокругъ планеты сильнымъ вѣтромъ въ этомъ поясѣ. Существованіе же неослабѣвающаго столь долго воздушнаго тока можно объяснить только продолжительной высокой температурой цѣлой области, лучистая теплота которой разсѣиваетъ значительную часть паровъ, находящихся надъ нею. На основаніи нѣкоторыхъ соображеній, съ которыми мы познакомимся позднѣе, приходится заключить, что Юпитеръ находится въ сравнительно молодомъ возрастѣ, когда общій процессъ охлажденія, который претерпѣваютъ міровыя тѣла, еще не закончился образованіемъ твердой коры. Можно допустить, что подъ краснымъ пятномъ поверхность Юпитера разорвана раскаленной внутренней жидкой массой планеты, при чемъ лава образуетъ озеро такой величины, что въ немъ могутъ помѣститься два земныхъ шара. Вслѣдствіе быстраго вращенія планеты это огненное озеро вытянулось по соотвѣтственной параллели и пріобрѣло эллиптическую форму. На землѣ подобіемъ краснаго пятна Юпитера — если, конечно, наше предположеніе справедливо — можетъ служить Огненное озеро на Гавайи. Тамъ вблизи дѣйствующаго въ настояще время

вулкана Мауна Лоа, находится другой небольшой вулканъ, Килавея, отверстiе котораго, — около полкилометра въ поперечникѣ, — представляетъ озеро, постоянно заполненное раскаленной жидкой лавой. Лава то поднимается, то вновь опускается въ этомъ бассейнѣ, окруженномъ низкими краями, и иногда переливается черезъ нихъ. Благодаря этому переливанiю лавы, образовались необычайно отлогiе скаты вулкана, имѣющiе уголъ наклоненiя всего въ 5 — 6 градусовъ. Этотъ вулканъ, слѣдовательно, нельзя считать горою. Поэтому нѣтъ надобности представлять себѣ и нэ Юпитерѣ какой нибудь вулканъ громадныхъ размѣровъ, если мы хотимъ сравнить этотъ процессъ съ соотвѣтственными явлеиiями, происходящими



Положенiе четырехъ большихъ спутниковъ Юпитера въ перiодъ отъ 6 до 21 февраля 1896 г., см. текстъ стр. 174.

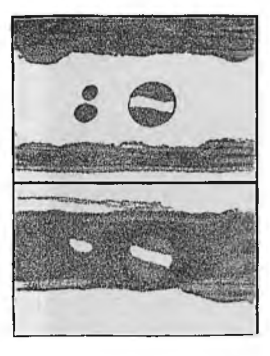
у насъ на землѣ. Надъ огненнымъ озеромъ въ Гавайи мы видимъ также своеобразныя движенiя среди облаковъ, имѣющiя нѣкоторое сходство съ движенiями облаковъ надъ краснымъ пятномъ Юпитера.

Если поверхнoть Юпитера на самомъ дѣлѣ находится еще въ первобытномъ состоянiи, что мы должны допустить для объясненiя краснаго пятна, то для насъ тотчасъ же объяснится существованiе плотной и высокой атмосферы планеты и энергичныя движенiя, происходящiя въ ней. Простѣйшимъ доказательствомъ громадной высоты воздушной оболочки на Юпитерѣ служитъ значительное ослабленiе свѣта его видимаго диска къ краямъ, чего ни на одной планетѣ не замѣчается такъ ясно. Точно также иногда на спутникахъ Юпитера, когда они проходятъ позади планеты, наблюдаются явленiя, которыя могутъ быть поняты только, если допустить существованiе на ней атмосферы необычайной высоты.

Это могучее свѣтило, имѣющее многiя родственныя черты съ солнцемъ, напоминаемъ его еще тѣмъ, что группируетъ вокругъ себя значительное количество довольно большихъ мiровыхъ тѣлъ, которыя обращаются вокругъ него, кагъ планеты вокругъ солнца. Юпитеръ окруженъ пятью спутниками. Изъ нихъ пятый сдѣлался намъ извѣстнымъ очень недавно; остальныя же четыре были первыми отдѣльными небесными свѣтилами, открытыми съ помощью только-что изобрѣтеннаго телескопа, когда въ 1610 году Галилей впервые направилъ его на Юпитеръ. Теперь

ихъ можно видѣть во всякій бинокль, а для хорошихъ и опытныхъ глазъ они видны даже безъ всякаго инструмента. Страннымъ образомъ они не сохранили ни одного изъ данныхъ имъ названій (Галилей въ честь своего покровителя Косьмы II Медичи, назвалъ ихъ звѣздами Медичеевъ), и въ настоящее время ихъ обозначаютъ римскими цифрами I, II, III, IV, соотвѣтственно ихъ разстоянію отъ главной планеты. Послѣ открытія пятаго спутника, который находится еще ближе къ Юпитеру чѣмъ I, явилась неизбѣжная непослѣдовательность; но если измѣнить цифры старыхъ спутниковъ то произойдетъ ужасная путаница. Поэтому лучше всего было поступить непослѣдовательно и обозначить вновь открытый спутникъ цифрой V

Необычайно красивое зрѣлище представляютъ четыре большихъ спутника Юпитера, которые появляются то справа, то слѣва отъ планеты-исполина и постоянно измѣняютъ взаимное расположеніе, хотя по большей части остаются въ плоскости экватора планеты. Почти каждый день эта небольшая міровая система даетъ новыя интересныя явленія, благодаря измѣнчивому положенію спутниковъ. Напр., можно наблюдать, какъ одинъ изъ спутниковъ, дискъ котораго легко различить въ лучшіе телескопы, медленно уходитъ за планету; въ теченіе нѣсколькихъ минутъ или частей минуты, — это зависитъ отъ того, имѣемъ ли мы дѣло съ быстро движущимся или же отдаленнымъ, медленно движущимся спутникомъ, — остается видимой часть его диска въ формѣ выступа на краю планеты. Спустя нѣкоторое время онъ выплываетъ изъ-за диска планеты съ другой стороны. Исчезновеніе луны за планетой называется ея закрытіемъ или оккультаціей. Бываетъ иногда, что спутникъ, оставаясь нѣкоторое время рядомъ съ Юпитеромъ въ видѣ блестящаго диска, начинаетъ вдругъ потухать и исчезаетъ въ нѣсколько секундъ, и цѣлые часы остается совершенно невидимымъ. Затѣмъ столь же внезапно онъ появляется вновь, значительно далѣе отъ планеты. За это время онъ былъ погруженъ въ тѣнь Юпитера, т. е, тамъ происходило явленіе, подобное лунному затменію. У насъ это—рѣдкое событіе, которое вписывается въ лѣтописи разъ или два въ годъ, на Юпитерѣ же оно происходитъ ежедневно. Конечно, смотря по положенію системы Юпитера относительно насъ и солнца, порядокъ слѣдованія описанныхъ здѣсь явленій можетъ представлять разнообразнѣйшія видоизмѣненія. Столь же часто, какъ лунныя затменія, на Юпитерѣ происходятъ затменія солнца: нерѣдко можно наблюдать одно или нѣсколько черныхъ круглыхъ пятенъ, движущихся по диску Юпитера, — это тѣни его спутниковъ. На нашемъ рисункѣ Юпитера за 1880 годъ (см. 170 вверху) можно видѣть такую тѣнь спутника у праваго края планеты. Наконецъ очень часто наблюдаются также прохожденія спутниковъ черезъ дискъ Юпитера.



Своеобразныя явленія на первомъ спутникѣ Юпитера, наблюдавшіяся 8 сентября 1890 г. и 3 августа 1891 г. на Ликской обсерваторіи. См. текстъ стр. 175.

На чертежѣ, помѣщенномъ на стр. 173, указаны мѣста четырехъ спутниковъ относительно главной планеты за періодъ отъ 6—21 февраля 1896 года для 11 часовъ по среднеевропейскому времени. Если въ одинъ изъ этихъ дней мѣсто какого нибудь спутника не указано, это значитъ, что онъ въ данное время находится или за планетой, или же въ ея тѣни; въ такомъ случаѣ въ графѣ соотвѣтственнаго дня стоитъ справа темный кружокъ; или же спутникъ стоитъ передъ планетой, тогда слѣва помѣщенъ свѣтлый кружокъ. Мѣста, занимаемыя каждымъ спутникомъ изо дня въ день, соединены кривою, которая позволяетъ прослѣдить ихъ путь вокругъ планеты. На кривыхъ третьяго и четвертаго спутника можно замѣтить въ отдѣльныхъ мѣстахъ, напр. 12 и 19 февраля, что кривыя начинаются справа отъ планеты только

на нѣкоторомъ отъ нея разстояніи. Этимъ указано вліяніе тѣни планеты: спутникъ выходитъ изъ тѣни въ томъ мѣстѣ, гдѣ кривая снова начинается и вступаетъ въ тѣнь тамъ, гдѣ кривая оканчивается. Можно замѣтить, что положеніе этихъ точекъ относительно Юпитера мѣняется уже въ теченіе того небольшого промежутка времени, для котораго на рисункѣ указаны мѣста спутниковъ; происходитъ это вслѣдствіе того, что Юпитеръ мѣняетъ свое положеніе относительно солнца и земли. Для перваго и второго спутника разстояніе отъ Юпитера точекъ вступленія въ тѣнь и выступленія изъ нея гораздо меньше; и на самомъ дѣлѣ разстояніе этихъ спутниковъ отъ главной планеты гораздо меньше.

Первый спутникъ можетъ удалиться отъ центра планеты приблизительно всего на шесть радіусовъ послѣдней. Это разстояніе можетъ показаться сравнительно незначительнымъ, однако, въ дѣйствительности оно нѣсколько больше разстоянія нашей луны отъ центра земли. Послѣднее равно въ среднемъ 385,000 клм., первое — 420,000 км. Спутникъ совершаетъ оборотъ вокругъ центральнаго тѣла въ 1 день $18^1/_2$ часовъ. Поперечникъ спутника виденъ намъ подъ угломъ одной дуговой секунды; это значитъ, что истинные его размѣры нѣсколько больше размѣровъ нашей луны, именно поперечникъ его равенъ 3,800 км.

Во время прохожденія передъ дискомъ Юпитера 8 сентября 1890 г., этотъ спутникъ, проходя надъ бѣлымъ экваторіальнымъ поясомъ планеты, раздѣлился на двѣ совершенно самостоятельныя части: образовалось два спутника (см. рис. на стр. 174), Но какъ только тѣло, оставивъ дискъ, вновь очутилось на темномъ фонѣ неба, оно приняло свой обычный видъ. Явленіе отчетливо наблюдалось нѣсколькими астрономами на Ликской обсерваторіи. Нѣкоторое время даже полагали, что этотъ спутникъ, дѣйствительно, состоитъ изъ двухъ тѣлъ, которыя находятся близко другъ къ другу, и быстро обращаются одно вокругъ другого: поэтому для насъ на землѣ они постоянно покрываютъ другъ друга. Но для того, чтобы понять истинное объясненіе этого явленія, надо ближе познакомиться съ нормальнымъ прохожденіемъ спутника передъ дискомъ планеты. Послѣ вступленія спутника въ дискъ планеты, онъ кажется намъ небольшимъ свѣтлымъ кружкомъ, выдѣляющимся на краевыхъ частяхъ планеты, которыя, какъ уже упомянуто, значительно темнѣе остальныхъ частей поверхности. Но чѣмъ болѣе спутникъ подвигается къ срединѣ планеты, тѣмъ труднѣе отличить его отъ окружающей свѣтлой поверхности Юпитера. Въ концѣ концовъ онъ обыкновенно совершенно пропадаетъ въ среднихъ частяхъ бѣлаго экваторіальнаго пояса и появляется около другого края планеты только передъ самымъ выступленіемъ. Исчезновеніе спутника на дискѣ планеты вполнѣ естественно, если допустить, что онъ также окруженъ облачнымъ покровомъ, отражающимъ свѣтъ съ такой же силой, какъ и покровъ планеты.

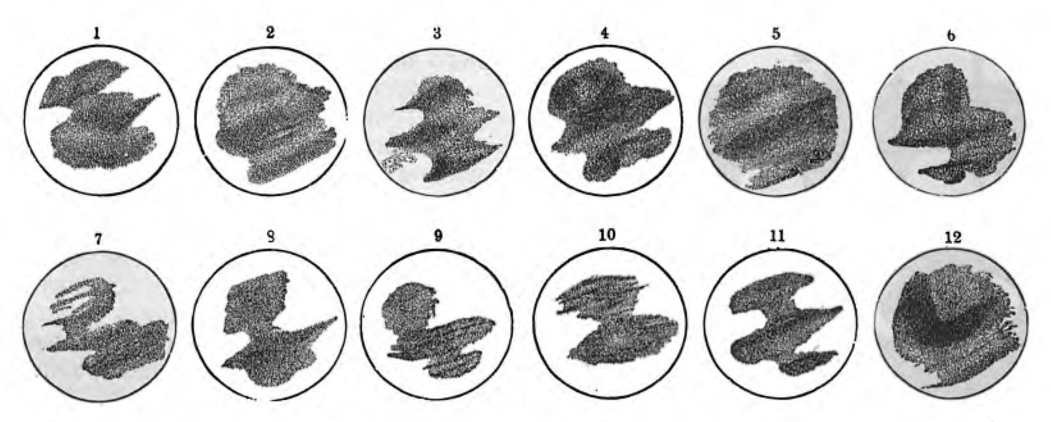
Спектроскопическія изслѣдованія Фогеля, повидимому, подтвержадаютъ это; хотя, они стоятъ пока особнякомъ и благодаря своей трудности врядъ ли свободны отъ ошибокъ. По Фогелю, въ спектрѣ спутниковъ находится характерная для атмосферы Юпитера линія, соотвѣтствующая 618 $\mu\mu$. Такъ какъ отъ Юпитера и отъ его спутникъ къ намъ достигаетъ свѣтъ одного характера и одной интенсивности, то у насъ нѣтъ средства различить эти оба тѣла въ нашемъ глазу. Существованіе атмосферы на первомъ спутникѣ, повидимому, подтверждается наблюденіемъ, которое не разъ приходилось дѣлать автору этой книги съ десятидюймовымъ рефракторомъ женевской обсерваторіи. Именно, если внимательно слѣдить за спутникомъ при его прохожденіи передъ дискомъ Юпитера, пока онъ не исчезнетъ въ бѣломъ экваторіальномъ поясѣ, то край его имѣетъ видъ небольшой темной круговой линіи. Это указываетъ на такое же поглощеніе свѣта атмосферою спутника, какое наблюдается по краямъ диска планеты.

Случаются также такъ называемыя темныя прохожденія спутниковъ, которыя за послѣднее время обратили на себя вниманіе астрономовъ. Неожиданно, безъ всякихъ внѣшнихъ предшествующихъ признаковъ, спутникъ вступаетъ въ дискъ планеты въ видѣ темнаго кружка и такъ совершаетъ весь свой путь черезъ дискъ Юпитера; оставивъ же дискъ, онъ вновь является въ своемъ блескѣ, нисколько не ослабленномъ. Такъ какъ нѣтъ основанія допускать, чтобы спутникъ дѣйствительно мѣнялъ свою яркость какъ разъ въ то время, когда онъ находится на прямой линіи между Юпитеромъ и землею, то надо допустить, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ дѣйствіями контраста, къ которымъ нашъ глазъ гораздо чувствительнѣе, чѣмъ къ абсолютной оцѣнкѣ яркости: всѣ наши чувства вообще приспособлены только для оцѣнки относительнаго различія въ раздраженіяхъ. Если дискъ Юпитера обладаетъ особенной яркостью на тѣхъ мѣстахъ, передъ которыми проходитъ спутникъ, а атмосфера послѣдняго совершенно безоблачна, то спутникъ можетъ казаться темнымъ; подобно этому, напр., солнечныя пятна кажутся темными, хотя ихъ свѣтъ въ нѣсколько тысячъ разъ ярче свѣта полной луны. Эти темныя прохожденія также служатъ подтвержденіемъ той мысли, что Юпитеръ обладаетъ небольшимъ количествомъ собственнаго свѣта, т. е. не только заимствованнаго отъ солнца, подобно всѣмъ остальнымъ нланетамъ. Однако, доказать этого нашими физическими анализами не удается. Свѣтъ, испускаемый корою, находящеюся отчасти въ раскаленномъ состояніи, въ однихъ мѣстахъ будетъ ярче, чѣмъ въ другихъ. Когда спутникъ проходитъ надъ болѣе яркими мѣстами, то въ силу контраста онъ будетъ казаться намъ темнымъ. Однако, причину явленія надо отчасти искать въ самомъ спутникѣ, какъ свидѣтельствуетъ тотъ фактъ, что первыя луны или совершенно не даютъ темныхъ прохожденій или даютъ ихъ чрезвычайно рѣдко. Повидимому, онѣ чаще бываютъ окутаны облачнымъ покровомъ, чѣмъ наиболѣе отдаленные члены этой системы. Это нашло бы себѣ также простое объясненіе, если допустить, что Юпитеръ представляетъ еще незаконченное міровое тѣло, которое, благодаря тонкой корѣ, излучаетъ нѣкоторое количество собственнаго свѣта и собственной теплоты. Послѣдняя можетъ вызывать образованіе облаковъ какъ на ближайшихъ спутникахъ, такъ и въ атмосферѣ самого Юпитера.

Для того, чтобы теперь объяснить наблюдавшееся раздвоеніе ближайшаго спутника, кажущееся на первый взглядъ столь загадочнымъ, надо только допустить, что во время наблюденія атмосфера его, за исключеніемъ облачнаго пояса вдоль экватора, была чрезвычайно ясна. Поэтому сѣверныя и южныя части этого маленькаго мірового тѣла были сравнительно темными, а экваторіальная полоса была одинаковой яркости съ планетой, надъ которой она проходила. Это и видно справа на верхней части рисунка на стр. 174. Если принять въ разсчетъ иррадіацію, благодаря которой всѣ свѣтлыя части кажутся намъ расширенными насчетъ темныхъ, то легко объяснить и закругленность полярныхъ частей, которыя на самомъ дѣлѣ должны быть заострены справа и слѣва. Благодаря незначительнымъ размѣрамъ изображенія, онѣ ни въ какомъ случаѣ не могутъ быть видимы въ такой формѣ, въ какой представлены на нашемъ рисункѣ. Если это объясненіе правильно, то должно происходить и обратное явленіе, когда спутникъ проходитъ надъ темною областью планеты. Тогда его полярныя пятна должны исчезнуть, и будетъ виденъ только удлиненный экваторіальный поясъ. Это и наблюдалось 3 августа 1891 года, какъ показываетъ нижняя часть того же рисунка.

Если на основаніи сказаннаго можно считать вѣроятнымъ, что на первомъ спутникѣ существуютъ постоянныя темныя пятна, то даже надо заключить, что при одинаковомъ положеніи спутника относительно Юпитера, эти пятна всегда обращены къ намъ одинаковымъ образомъ. Отсюда должно слѣдовать, что спутникъ всегда обращенъ къ своей планетѣ одной и той же

стороной, какъ наша луна къ землѣ. Это представляется весьма вѣроятнымъ, по крайней мѣрѣ для первыхъ двухъ спутниковъ, не только на основанiи теоретическихъ выводовъ, которые мы разсмотримъ впослѣдствiи, но и на основанiи нѣкоторыхъ перiодическихъ колебанiй свѣта, замѣченныхъ уже Гершелемъ и позднѣе изслѣдованныхъ ближе Энгельманомъ въ Лейпцигѣ. Для первыхъ трехъ лунъ нельзя принять этихъ колебанiй съ полной достовѣрностью, но для четвертой луны правильно наблюдаются слѣдующiя измѣненiя: всего слабѣе она свѣтитъ, когда находится къ намъ ближе Юпитера, и дѣлается ярче въ той части своего пути, которая лежитъ за планетой. Если эта луна постоянно обращена къ планетѣ одной и той же стороной, то мы видимъ эту сторону, когда луна находится въ болѣе отдаленной отъ насъ части орбиты; другую же половину луны, обращенную въ противоположную сторону отъ Юпитера, мы видимъ тогда, когда луна находится между Юпитеромъ и нами. Подобное же явленiе должна бы представлять, конечно, наша луна для жителей Венеры, въ случаѣ если на той половинѣ нашей луны, которая обращена въ противоположную отъ насъ сторону, темныя морскiя равнины имѣютъ болѣе значительное протяженiе, чѣмъ на обращенной къ намъ половинѣ, или же, если на той половинѣ, которая вѣчно остается для насъ неизвѣстной, существуетъ безоблачная атмосфера, поглощающая свѣтъ.



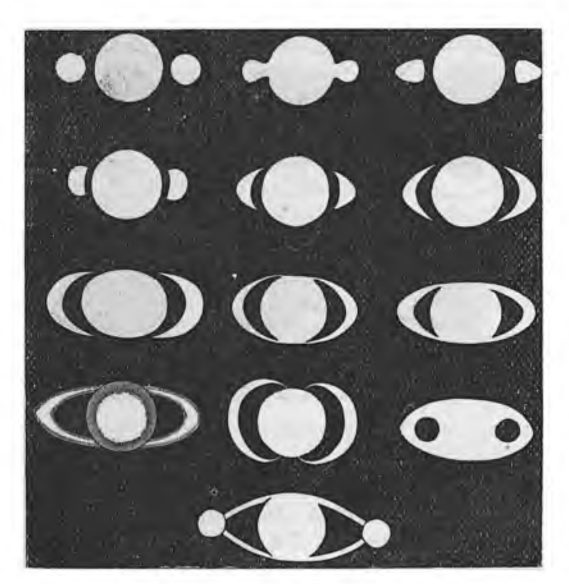
Рисунки третьяго спутника Юпитера, сдѣланные Шеберле и Кемпбелемъ въ Ликской обсерваторiи въ сентябрѣ и октябрѣ 1891 г.

Второй спутникъ не представляетъ ничего особеннаго. Онъ движется вокругъ планеты на разстоянiи $9^1/_2$ ея радiусовъ или на 670,000 клм.; онъ меньше перваго спутника и почти равенъ нашей лунѣ. Полный оборотъ вокругъ Юпитера онъ совершаетъ въ $3^1/_2$ дня.

Третiй спутникъ Юпитера **больше всѣхъ** остальныхъ; онъ даже значительно больше ближайшей къ солнцу планеты — Меркурiя; его поперечникъ равенъ почти 5,600 клм. Отъ главной планеты онъ удаленъ на пятнадцать радiусовъ планеты, т. е. на 1.067,000 клм. Путь, который онъ описываетъ при обращенiи вокругъ планеты, почти въ три раза больше пути, описываемаго нашей луной вокругъ земли; однако, луна Юпитера совершаетъ свой путь вчетверо быстрѣе нашей луны, именно въ 7 дней $3^3/_4$ часа. Благодаря сравнительно большой величинѣ этого спутника, на ней можно различать детали. Выше мы даемъ нѣсколько рисунковъ, сдѣланныхъ Шеберле въ Ликской обсерваторiи и изображающихъ пятна этого спутника. Ихъ изслѣдованiе также приводитъ къ тому заключенiю, что спутникъ обращенъ къ Юпитеру постоянно одной стороной.

Четвертый спутникъ находится отъ Юпитера на разстоянiи $26^1/_2$ радiу-

совъ планеты или 1.877,000 клм.; онъ обращается вокругъ планеты въ 16 дней $16^1/_2$ часовъ. Эта самая дальняя луна системы Юпитера нѣсколько меньше третьей луны, но больше обѣихъ первыхъ, именно, она имѣетъ 4,800 клм. въ поперечникѣ, т. е. по величинѣ равна Меркурію. Такимъ образомъ мы видимъ, что могучій Юпитеръ заставляетъ обращаться вокругъ себя четыре тѣла, близкія по величинѣ къ одной изъ главныхъ планетъ. Будучи подчиненъ вмѣстѣ со своими блестящими вассалами солнцу, Юпитеръ, однако, можетъ соперничать съ нимъ въ силѣ, съ какою онъ удерживаетъ міровыя тѣла на постоянныхъ путяхъ. Дискъ четвертаго спутника имѣетъ очень слабый свѣтъ. Если бы подобно другимъ спутникамъ, онъ не имѣлъ видимаго поперечника, то фотометрическій методъ далъ бы намъ для него слишкомъ незначительную величину. Это служитъ доказательствомъ недостаточности метода, но къ сожалѣнію во многихъ случаяхъ безъ него нельзя обойтись.



Рисунки Сатурна съ его кольцомъ изъ перваго періода телескопическихъ наблюденій. По „Systema Saturnium" Гюйгенса.

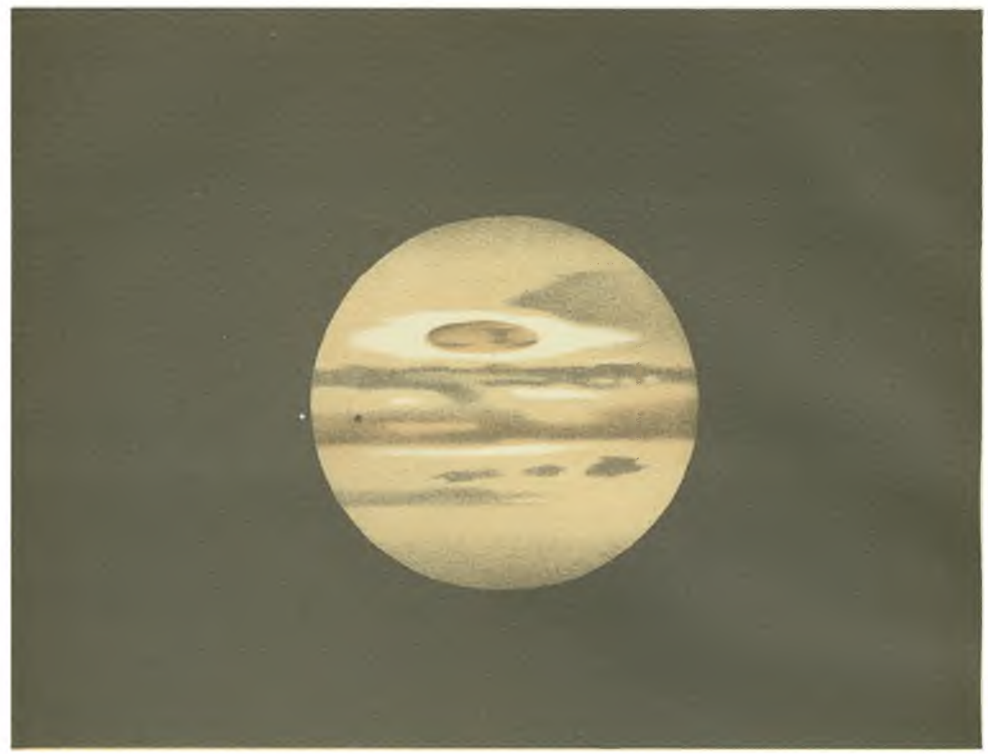
Вновь открытый **пятый** спутникъ принадлежитъ къ самымъ маленькимъ и труднѣйшимъ въ оптическомъ отношеніи тѣламъ солнечной системы. Какъ въ свое время спутники Марса можно было различить только въ сильнѣйшіе телескопы, такъ и этотъ спутникъ былъ открытъ только при помощи самаго сильнаго оптическаго инструмента послѣдняго времени, именно, телескопа Ликской обсерваторіи. Бернерду удалось 9 сентября 1892 г. увидѣть около самаго Юпитера маленькую звѣздочку 13 величины, которая быстро мѣняла свое мѣсто, появляясь то справа, то слѣва отъ яркаго диска планеты, но однако не отдалялась отъ края планеты больше чѣмъ на три четверти поперечника Юпитера. Вслѣдствіе этого иррадіація очень затрудняла ея наблюденіе, такъ что Бернердъ и еще одинъ или два астронома были единственными наблюдателями, которые могли произвести измѣренія надъ этой крошечной свѣтлой точкой, или на мгновеніе видѣть въ большой телескопъ ея появленіе. По этимъ измѣреніямъ среднее разстояніе маленькаго спутника отъ центра Юпитера оказывается равнымъ $1^1/_3$ поперечника планеты или 180,000 клм. Полный оборотъ спутникъ совершаетъ въ 11 часовъ $57^1/_3$ минуты. Слѣдовательно, для одного обращенія вокругъ центра своей вторичной системы это свѣтило употребляетъ всего двумя часами больше, чѣмъ полосы облаковъ на поверхности Юпитера. Примѣняя тотъ же способъ, что для лунъ Марса и для малыхъ планетъ, можно по яркости этого спутника вывести, что его поперечникъ равенъ 160 клм.

---

7. Сатурнъ.

Ни одно изъ небесныхъ свѣтилъ, при взглядѣ на него въ телескопъ, не производитъ такого поразительнаго впечатлѣнія, какъ Сатурнъ съ

ЮПИТЕРЪ и САТУРНЪ.



Юпитеръ. *(Green* и *Trouvelot.)*

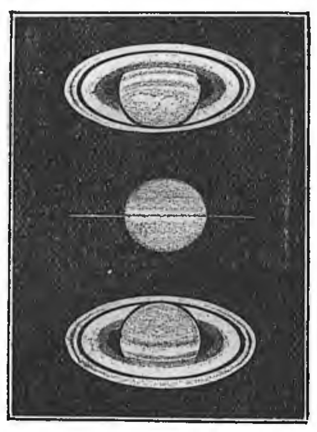


Міроздание.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Сатурнъ. *(Barnard, Trouvelot* и *Mascari.)*

его таинственной системой колецъ. Широкое блестящее кольцо окружаетъ свѣтлый шаръ, какъ бы выточенный и отполированный на токарномъ станкѣ. И мы видимъ это образованіе не на границахъ пространства, доступнаго нашему наблюденію, какъ большинство чудесъ неба; тогда намъ обыкновенно больше приходится строить догадки, чѣмъ любоваться явленіемъ; нѣтъ — въ настоящемъ случаѣ это явленіе стоитъ передъ нами вполнѣ отчетливо, какъ будто мы держимъ его въ своихъ рукахъ, и остается для насъ хотя необъяснимымъ, однако, вполнѣ очевиднымъ (см. прилагаемую раскрашенную таблицу). Уже въ первый телескопъ Галилей замѣтилъ странную фигуру Сатурна, хотя онъ и не различилъ кольца. Сначала онъ принялъ кольцо за два спутника, такъ близко стоящіе къ шару Сатурна, что они почти касаются его. Однако, казалось страннымъ, что они не движутся вокругъ планеты, но постоянно сохраняютъ неизмѣнными свои мѣста. Черезъ нѣсколько лѣтъ великій изслѣдователь совершенно не нашелъ этихъ мнимыхъ спутниковъ, и долгое время Сатурнъ казался шаромъ, какъ всѣ планеты. Галилей въ концѣ концовъ пришелъ къ заключенію, что въ первый разъ онъ ошибся и сначала ничего не сообщилъ о своемъ наблюденіи. Но черезъ нѣсколько времени своеобразное явленіе, — подвѣски или ушки, — вновь появилось по обѣимъ сторонамъ шара планеты. Теперь послѣдователи Галилея различили яснѣе истинную форму: все тѣло планеты имѣло видъ чечевицы съ двумя большими отверстіями по обѣимъ сторонамъ. Картина становилась все загадочнѣе, пока наконецъ Гюйгенсъ не распозналъ, что имѣетъ передъ собой кольцо. Прилагаемые (стр. 168) рисунки показываютъ, какъ постепенно картина Сатурна выяснялась для старыхъ наблюдателей.

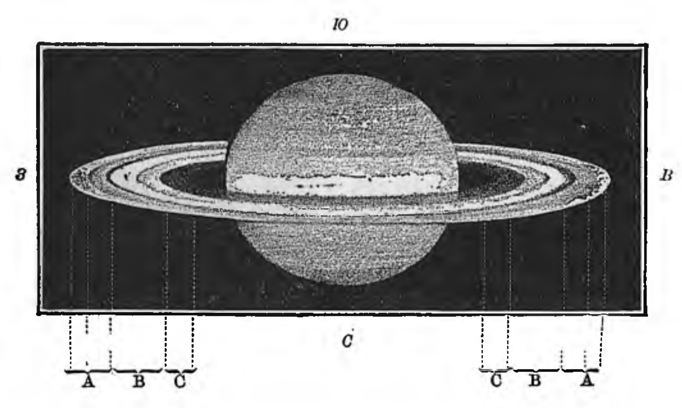


Видъ Сатурна въ его крайнихъ положеніяхъ.

Въ настоящее время въ каждый телескопъ средней силы можно видѣть не только кольцо съ свободнымъ шаромъ внутри его, но ясно можно различать также темную линію, раздѣляющую кольцо Сатурна на два концентрическихъ кольца. Эта линія называется раздѣленіемъ или щелью Кассини, по имени открывшаго ее изслѣдователя. Въ современные телескопы можно еще видѣть нѣсколлко отдѣльныхъ подробностей, которыя почти всѣ имѣютъ сходство между собою какъ по своему положенію, такъ и по своей природѣ. Эта видимая гармонія въ устройствѣ очень сложной и самой богатой изъ всѣхъ вторичныхъ системъ солнечнаго царства вызываетъ даже въ неподготовленномъ зрителѣ мысль о единствѣ и величіи явленій природы. Передъ нами въ безконечномъ небесномъ пространствѣ движется замѣтно-сплющенный шаръ, окруженный свѣтлыми и темными полосами. Послѣднія лежатъ симметрично и относительно кольца и относительно полюсовъ, положеніе которыхъ легко опредѣлить по сплющенности; кольцо кажется какъ бы только продолженіемъ этихъ полосъ внѣ шара Сатурна, ибо полосы продолжаются и на кольцѣ. Чѣмъ ближе мы знакомимся съ природой кольца, тѣмъ болѣе мы открываемъ на немъ дѣленій, тѣмъ больше отдѣльныхъ круговъ, входящихъ одинъ въ другой, мы различаемъ въ этомъ кольцѣ, самое существованіе котораго представляло до нашихъ дней для теоретиковъ неразрѣшимую загадку. Кромѣ удивительной симметріи въ устройствѣ замѣчательно еще то, что планета окружена восемью спутниками, которые движутся по постояннымъ путямъ въ одной плоскости съ экваторомъ и съ кольцами вокругъ центра этой вторичной міровой системы. Даже не зная устройства мірозданія, кто, при взглядѣ на эту малую планетную си-

стему, усомнится въ томъ, что въ строеніи великаго міра дѣйствуютъ однѣ и тѣ же причины, что единство есть основной принципъ, которымъ руководствуется творящая природа здѣсь, какъ и во всемъ окружающемъ насъ мірѣ.

Вся эта система, сохраняя неизмѣннымъ относительное положеніе отдѣльныхъ членовъ, — мы оставляемъ здѣсь въ сторонѣ ихъ взаимное движеніе, — медленно совершаетъ свой путь передъ неподвижными звѣздами небеснаго свода. Только черезъ $29^1/_2$ лѣтъ планета со своей свитой возвращается вновь къ тѣмъ же неподвижнымъ звѣздамъ. Но синодическое время обращенія Сатурна, т. е. время, по истеченіи котораго планета опять принимаетъ прежнее положеніе относительно солнца, и согласно которому располагаются времена наиболѣе благопріятныя для наблюденія планеты, равно всего 1 году 13 днямъ. Очевидно синодическій оборотъ долженъ тѣмъ болѣе приближаться къ году, чѣмъ медленнѣе движеніе планеты относительно неподвижныхъ звѣздъ, принимающихъ ежегодно одно и то же положеніе относительно насъ. Въ періодъ $29^1/_2$ лѣтъ положеніе плоскости кольца къ линіи нашего зрѣнія мѣняется такимъ образомъ, что въ первую половину этого времени мы видимъ верхнюю сторону кольца, а въ другую половину — нижнюю. Въ этомъ случаѣ „верхомъ“ мы называемъ такое положеніе, когда часть кольца, находящаяся передъ шаромъ и болѣе или менѣе закрывающая его, лежитъ книзу (при разсматриваніи въ телескопъ, дающій, какъ мы знаемъ, обратныя изображенія), а часть кольца, находящаяся за шаромъ, лежитъ вверху. Во время перехода отъ одного крайняго положенія къ другому, мы ненадолго можемъ видѣть ребро кольца и, къ нашему удивленію, оно оказывается необычайно тонкимъ. Кольцо становится все уже и уже, всѣ его детали постепенно исчезаютъ, оно обращается въ совершенно узкую свѣтлую линію, которая наконецъ совсѣмъ исчезаетъ, такъ что даже въ лучшіе телескопы нѣсколько дней Сатурнъ кажется лишеннымъ кольца, какъ всякая другая планета. Только иногда можно замѣтить слѣдъ, состоящій изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ точекъ, которыя появляются мѣстами въ видѣ нитки бусъ. Единственнымъ признакомъ кольца остается его тѣнь, которая видна въ экваторіальной области шара въ формѣ черной линіи. Далѣе кольцо вновь открывается, обращая къ намъ другую сторону, которая оставалась 15 лѣтъ невидимой для земного наблюдателя. Затѣмъ въ теченіе 7 лѣтъ видимое отверстіе кольца достигаетъ наибольшей величины.

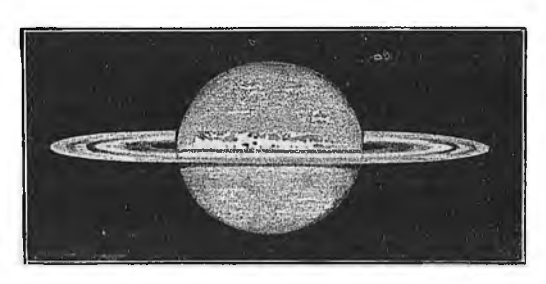


Части кольца Сатурна: A = наружное яркое кольцо, B = внутреннее яркое кольцо, C = темное кольцо, e = щель Энке, c = щель Кассини.

Рисунокъ на стр. 180 изображаетъ видъ Сатурна въ его крайнихъ положеніяхъ относительно насъ. Съ 1878 г., когда Холь (Hall) при помощи величайшаго въ то время телескопа, вашингтонскаго рефрактора, наблюдалъ совершенное исчезновеніе кольца, до 1891 года была видна верхняя или южная часть кольца. Въ этотъ послѣдній годъ около 20 октября кольцо опять исчезло для всѣхъ телескоповъ; но точный моментъ исчезновенія нельзя было наблюдать вслѣдствіе большой видимой близости Сатурна къ

солнцу. Комстокъ и Таунлей на обсерваторіи въ Вашбернѣ, по ихъ словамъ, вновь увидѣли слѣды кольца уже 25 октября, тогда какъ Хольденъ въ Ликской обсерваторіи увидѣлъ несомнѣнное появленіе кольца только 29 октября. Съ тѣхъ поръ остается видимой нижняя или сѣверная часть кольца и до конца нашего столѣтія малая ось его видимой эллипсовидной фигуры будетъ все увеличиваться.

За исключеніемъ этихъ измѣненій въ наружномъ видѣ планеты, связанныхъ съ измѣненіемъ видимаго отверстія кольца, Сатурнъ въ общемъ имѣетъ всегда одинъ и тотъ же видъ. Фазы, зависящія отъ освѣщенія солнцемъ, различаемыя на Юпитерѣ въ квадратурѣ, здѣсь устанавливаются только такъ сказать теоретически. Разстояніе Сатурна отъ солнца и отъ насъ слишкомъ велико; и лучъ свѣта, который отражается къ намъ поверхностью планеты, не можетъ составить достаточнаго угла съ линіей, направляющейся къ солнцу, и дать замѣтную фазу. Сатурнъ въ $9^1/_2$ разъ дальше отъ солнца, чѣмъ земля, т. е. находится отъ него на разстояніи 1,418 милліоновъ километровъ. Смотря по тому, находимся ли мы по ту или другую сторону солнца сравнительно съ Сатурномъ, видимая величина этой планеты колеблется въ отношеніи 9,5—1 къ 9,5+1. Соотвѣтственно этому угловая величина экваторіальнаго поперечника ея измѣняется между 15 и 21″. Самые большіе видимые размѣры шара Сатурна, т. е. не считая кольца, не достигаютъ наибольшихъ размѣровъ Марса. Въ виду того, что разстояніе Сатурна очень велико, очевидно, истинный поперечникъ его очень значителенъ; въ этомъ отношеніи Сатурнъ немного уступаетъ Юпитеру. Именно, поперечникъ Сатурна равенъ 122,400 клм., т. е. онъ въ $9^1/_2$ разъ больше земного поперечника и на полтора земныхъ поперечника меньше поперечника Юпитера. Сатурнъ—второе по величинѣ свѣтило въ солнечномъ царствѣ.

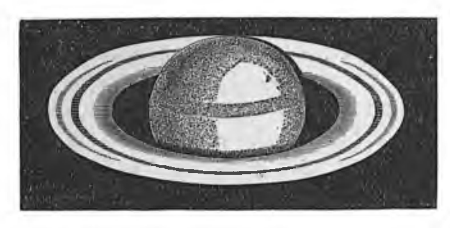


Сатурнъ за нѣсколько мѣсяцевъ до исчезанія кольца или нѣсколько мѣсяцевъ спустя послѣ исчезанія кольца. Этотъ рисунокъ вмѣстѣ съ предыдущимъ показываютъ сравнительную величину планеты въ ея крайнихъ положеніяхъ относительно земли. При разсматриваніи на разстояніи 1 метра, оба изображенія видимы подъ тѣмъ же угломъ зрѣнія, подъ какимъ видна планета, въ соотвѣтственныхъ положеніяхъ ея относительно земли, въ телескопъ при увеличеніи въ 300 разъ.

Полярный поперечникъ Сатурна, какъ и Юпитера, значительно меньше экваторіальнаго: отношеніе ихъ разности къ экваторіальному поперечнику или сжатіе планеты равно 1:10,7. Разстояніе отъ полюса до полюса тамъ почти на одинъ земной поперечникъ меньше разстоянія между двумя противоположными точками экватора. Столь значительное сжатіе этой большой планеты уже прямо свидѣтельствуетъ объ ея очень быстромъ вращеніи вокругъ оси.

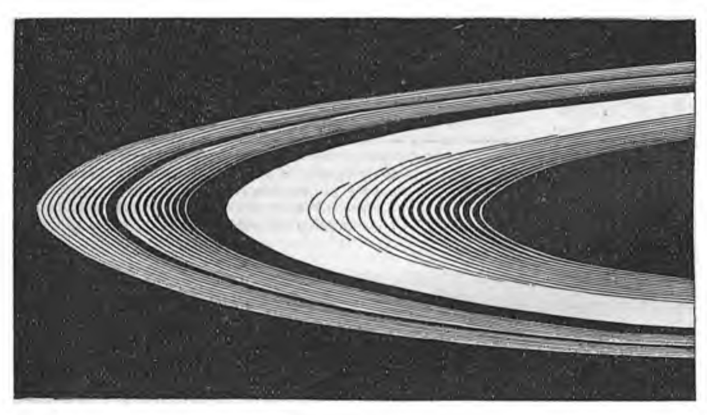
Система колецъ Сатурна дѣлится на три ясно различаемыхъ части, которыя на рисункѣ (стр. 180) обозначены буквами A, B и C. A—наружное кольцо идетъ отъ наружнаго края всей системы до упомянутой выше щели Кассини. Въ немъ можно различить еще тонкую линію раздѣла, такъ называемую щель Энке или карандашную линію (см. рис. стр. 182 вверху). Она обыкновенно видна въ срединѣ между щелью Кассини и наружнымъ краемъ кольцевой системы, но Скіапарелли и авторъ этой книги установили въ 1881 году, что на одной сторонѣ кольца она иногда какъ бы сдвигается ближе къ наружному краю, на другой же сторонѣ она появляется всегда въ одинаковомъ положеніи. Такое эксцентрическое положеніе наблюдалось позднѣе (1888) Перротэномъ въ Ниццѣ, однако, въ это время смѣщеніе было направлено въ противоположную сторону, сравнительно съ тѣмъ, что наблюдалось въ 1881 году въ Миланѣ и Женевѣ.

Трувело также наблюдалъ измѣненіе въ положеніи щели Энке и вообще замѣтилъ, что иногда всѣ поясы кольца могутъ быстро мѣнять свою величину и яркость. Особенно измѣнчива яркость обоихъ угловъ кольца. Кромѣ того, ему казалось, что форма тѣни которую шаръ Сатурна отбрасываетъ на кольца, измѣняется, а это доказываетъ, что происходятъ измѣненія въ разрѣзахъ кольца. Всѣ эти наблюденія проливаютъ свѣтъ на устройство колецъ; объ этомъ мы будемъ говорить ниже подробнѣе.



Сатурнъ съ карандашной линіей. Рис. Энке въ Берлинѣ 10 марта 1838 г.

Второе кольцо В занимаетъ пространство отъ щели или линіи Кассини до того мѣста, которое только въ лучшіе телескопы отмѣчается ясной границей. Въ Женевѣ авторъ не могъ различить этой границы, тогда какъ въ Вѣнскій 26-дюймовый рефракторъ онъ съ несомнѣнностью различалъ ее. Въ телескопы средней силы эта граница кольца В теряется въ темномъ промежуткѣ, отдѣляющемъ систему колецъ отъ шара и отмѣченномъ довольно быстрымъ ослабленіемъ свѣта. Въ такіе инструменты только при очень хорошихъ изображеніяхъ можно различать слѣды третьяго кольца. Среднее кольцо В—самое яркое изъ всѣхъ; оно гораздо ярче и самого шара. При разсматриваніи въ наиболѣе сильные телескопы, и то въ очень благопріятныя мгновенія, оно распадается на значительное число отдѣльныхъ колецъ, раздѣленныхъ тончайшими линіями, какъ показываетъ прилагаемый рисунокъ. На этомъ рисункѣ кольцо А кажется также раздѣленнымъ многими линіями, среди которыхъ линія Энке оказывается только всѣхъ шире.

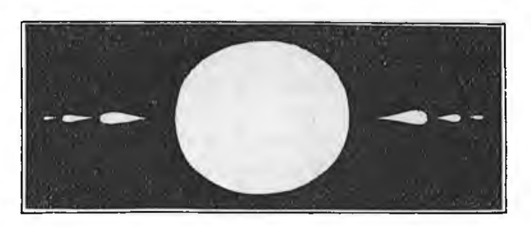


Тончайшія раздѣленія въ кольцахъ Сатурна.

Самымъ удивительнымъ является внутреннее кольцо С, такъ называемое темное кольцо. Оно состоитъ только изъ тусклаго голубоватаго тумана, сквозь который при благопріятномъ положеніи можно различать планету, какъ сквозь вуаль. Хотя оно и не имѣетъ той отчетливости, какъ другія кольца, однако, въ современные телескопы оно оказывается несомнѣннымъ объектомъ и представляетъ нѣчто матеріальное, такъ какъ со стороны, ближайшей къ шару, оно ограничено очень рѣдко, а не исчезаетъ постепенно отъ иррадіаціи шара. Имѣя передъ глазами рѣшетчатое образованіе изъ цѣлаго ряда входящихъ другъ въ друга колецъ, которое можно различить въ остальныхъ частяхъ этого удивительнаго блестящаго вѣнца, окружающаго далекую планету, можно думать что въ темномъ кольцѣ темныя дѣлящія линіи скучены такъ сильно, что онѣ занимаютъ гораздо больше мѣста, чѣмъ свѣтлыя линіи самаго кольца, и потому кольцо имѣетъ видъ туманнаго прозрачнаго образованія. Бернердъ говоритъ, что „темное кольцо образуется какъ бы на счетъ свѣтлыхъ промежутковъ“.

Хотя, какъ сказано, шаръ Сатурна какъ будто просвѣчиваетъ сквозь

туманное кольцо, однако, въ справедливости этого явленія не было полной увѣренности, поэтому давно дѣлались попытки найти болѣе ясное доказательство дѣйствительной прозрачности темнаго кольца. Лучше всего это можно было бы разрѣшить при прохожденіи Сатурна передъ какой нибудь неподвижной звѣздой. Но на подобное явленіе мало надежды. Ньюкомбъ вычислилъ, что кольцо проходитъ передъ звѣздой 3 величины въ среднемъ одинъ разъ въ 1,000 лѣтъ, передъ звѣздой же 9 величины, которыхъ гораздо больше, разъ въ полтора года. Однако, яркость подобной звѣзды слишкомъ мала, чтобы можно было надѣяться сдѣлать рѣшающія наблюденія. И потому необычайно благопріятнымъ обстоятельствомъ для рѣшенія этого вопроса было то, что послѣдній спутникъ Сатурна, Япетъ, 1 ноября 1889 г. пересѣкъ тѣнь кольца; это своеобразное явленіе было заранѣе вычислено Мартомъ и въ указанный срокъ наблюдалось Бернердомъ въ 12-дюймовый рефракторъ Ликской обсерваторіи. Бернердъ опредѣлилъ съ возможной точностью измѣненія въ силѣ свѣта Япета во время его погруженія въ тѣнь и вывелъ отсюда кривую колебаній его яркости. Кривая показала, какъ и надо было ожидать, что яркость сразу достигла максимума, какъ только луна вышла изъ тѣни шара, которая дѣлала ее невидимой. Но затѣмъ, прежде чѣмъ тѣнь темнаго кольца коснулась Япета, слѣдовательно, когда солнечные лучи проникали между планетой и ея системой колецъ, происходило медленное ослабленіе яркости спутника. Это показываетъ, что и здѣсь пространство не вполнѣ прозрачно, т. е., вѣроятно, заполнено тѣми мельчайшими тѣлами, изъ которыхъ построена система колецъ. Но какъ только спутникъ вступилъ въ тѣнь темнаго кольца, онъ началъ быстро темнѣть, однако, оставался все еще очень хорошо видимымъ, пока не попалъ въ тѣнь свѣтлаго кольца B. Уже незадолго передъ этимъ яркость спутника быстро ослабѣла, затѣмъ онъ снова исчезъ совершенно, какъ и въ тѣни самого шара. Эти важныя наблюденія, которыя позднѣе были подвергнуты строгой математической провѣркѣ Гуго Бухгольцемъ, подтверждаютъ вполнѣ наше мнѣніе о строеніи колецъ Сатурна. Щель Кассини, хотя и кажется совершенно черной, однако, также не лишена вещества, именно, малыхъ, невидимыхъ для насъ спутниковъ. 29 ноября 1883 года авторъ вмѣстѣ съ другимъ астрономомъ ясно видѣлъ въ большой вѣнскій рефракторъ на восточной сторонѣ кольца въ этой щели два мѣста, въ которыхъ просвѣтъ щели былъ темнѣе, т. е. прозрачнѣе, чѣмъ въ остальныхъ мѣстахъ.



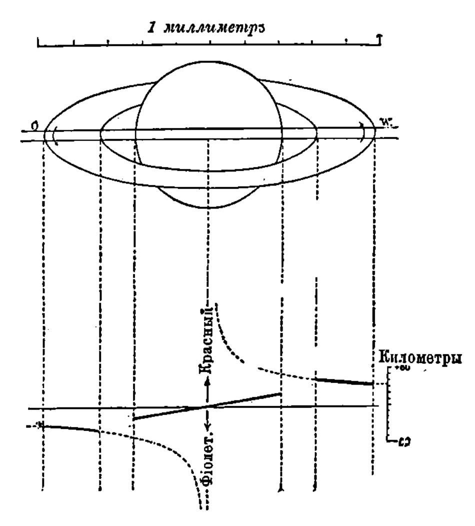
Предполагаемая форма поперечнаго сѣченія колецъ Сатурна представлена схематически и сильно преувеличена.

Размѣры трехъ колецъ по женевскимъ измѣреніямъ слѣдующіе: отъ одного конца всей системы колецъ до другого 277,000 клм.; слѣдовательно по большей оси элипсиса кольца можно уложить въ рядъ $21^3/_4$ земныхъ шаровъ. Кольцо A до средины щели Кассини имѣетъ въ ширину 20,200 клм. т. е. полтора земныхъ поперечника; ширина щели Кассини ок. 2,800 клм. Кольцо B имѣетъ въ ширину 29,000 клм.; темное кольцо—16,900 клм., а промежутокъ отъ его внутренняго края до поверхности шара Сатурна равенъ 11,600 клм., т. е. равенъ почти земному поперечнику.

Въ виду такихъ громадныхъ размѣровъ кажется странной и поразительной необычайно малая толщина кольца. Ее нельзя даже измѣрить непосредственно. Мы уже знаемъ, что кольцо совершенно исчезаетъ для нашихъ глазъ, когда мы смотримъ прямо на его ребро. Бессель отсюда заключилъ, что оно не можетъ быть толще 220—230 клм. Однако, повидимому,

и эти цифры слишкомъ велики. Изъ наблюденія надъ тѣнью, которую кольцо отбрасывало на шарѣ планеты въ октябрѣ 1891 года, когда оно само было невидимо, Хольденъ сдѣлалъ выводъ, что кольцо имѣетъ въ толщину самое большое 80 клм. (Онъ принималъ въ разсчетъ, что тѣнь должна быть шире кольца, такъ какъ въ данное время лучи солнца падали на ребро кольца не столь отвѣсно, какъ шла линія нашего зрѣнія). Если бы мы хотѣли сдѣлать модель кольца изъ матеріала такой толщины какъ картонъ, то, сохраняя правильное соотношеніе между величинами, мы должны сдѣлать дискъ кольца больше метра въ поперечникѣ.

Однако, кольцо не представляетъ вполнѣ одинаковой толщины; судя по особенностямъ, какія замѣчаются на контурахъ тѣни, отбрасываемой шаромъ планеты на кольцо, послѣднее имѣетъ нѣкоторый рельефъ, который какъ будто измѣняется. Изъ очертанія тѣней можно заключить, что части отдѣльныхъ колецъ, обращенныя къ шару, заострены, а наружныя — закруглены и утолщены. Разрѣзъ каждаго кольца, такимъ образомъ, какъ съ той, такъ и съ другой стороны напоминаетъ разрѣзъ груши, какъ это нѣсколько преувеличенно изображено на рисункѣ (стр. 183). Какія либо особенности,—какъ-то неровности или неравномѣрная яркость, которая распредѣляется по кольцу не концентрически, — наблюдались только въ очень рѣдкихъ случаяхъ и по большей части не вполнѣ достовѣрно; поэтому относительно скорости вращенія системы колецъ нѣтъ прямыхъ несомнѣнныхъ наблюденій. Теоретически время обращенія въ различныхъ частяхъ системы колецъ должно быть неодинаково; тогда какъ внутренній край туманнаго кольца совершитъ одинъ оборотъ уже въ 5,2 часа, внѣшній край кольца A потребуетъ для этого 13,8 часа. Отдѣльныя кольца, слѣдовательно, движутся съ весьма различными, и при томъ очень большими скоростями. Внутренній край кольца значительно опережаетъ даже поверхностныя части экватора Сатурна, лежащія къ нему ближе всего.



Положеніе линіи поглощенія въ спектрѣ Сатурна и его колецъ, выведенное теоретически.

Въ настоящее время спектроскопъ можетъ дать интересное подтвержденіе указанныхъ отношеній между временами обращенія и связаннаго съ этимъ „метеорнаго" характера системы колецъ. Именно, когда Килеръ на обсерваторіи въ Аллегани направилъ на Сатурнъ спектроскопъ такимъ образомъ, что щель спектроскопа совпала съ длинной осью кольцевой сисистемы, то онъ получилъ спектръ, изображенный на нашей спектральной таблицѣ. Такой же спектръ былъ полученъ Бѣлопольскимъ въ Пулковѣ и Кемпбеллемъ въ Ликской обсерваторіи при помощи лучшихъ инструментовъ. При этомъ способѣ долженъ получиться одновременно спектръ шара Сатурна и обоихъ концовъ его кольца. Для сравненія надъ этимъ спектромъ и подъ нимъ получены были спектры луннаго свѣта. Полосы, горизонтально перерѣзающія эту систему спектровъ, соотвѣтствуютъ промежуткамъ между шаромъ и кольцомъ и между спектрами Сатурна и луны. Поперекъ идутъ фраунгоферовы линіи поглощенія. Собственно онѣ должны бы непрерывно пересѣкать цвѣтную полосу. Такъ какъ этого на самомъ дѣлѣ нѣтъ, линіи же спектра Сатурна идутъ наклонно по отно-

шенію къ линіямъ луннаго спектра, и оказываются ясно сдвинутыми, то мы должны заключить (стр. 79), что смѣщенія происходятъ здѣсь вслѣдствіе движенія источника свѣта.

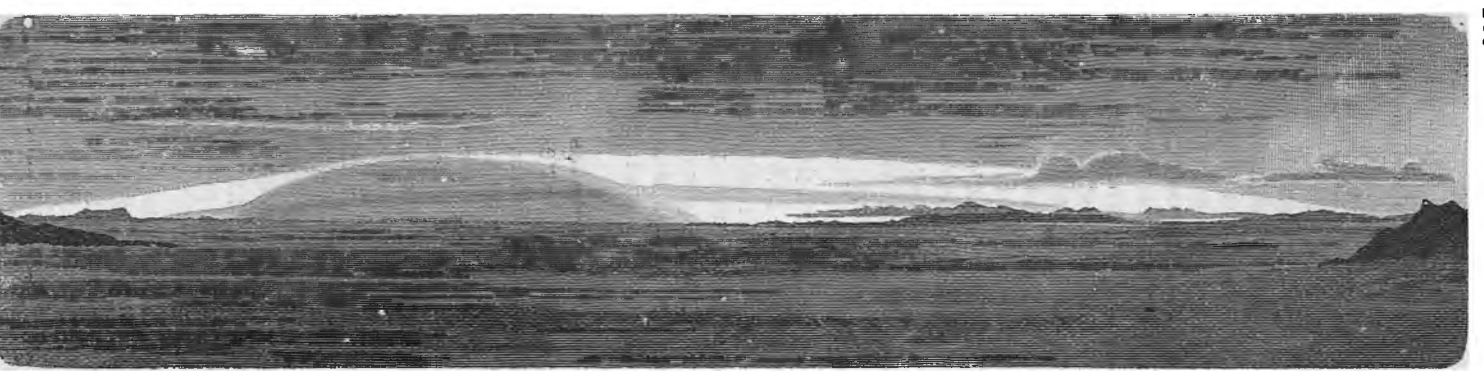
На прилагаемомъ рисункѣ (стр.184) схематически представленъ характеръ этого смѣщенія въ данномъ случаѣ. Параллельныя линіи, пересѣкающія Сатурнъ, показываютъ положеніе щели спектроскопа; шаръ и кольцо движутся по направлянію стрѣлки съ востока на западъ. Внизу указано положеніе, какое должна имѣть линія поглощенія, если отдѣльныя части кольца движутся согласно тѣмъ законамъ, которые подробнѣе будутъ разсмотрѣны во второй части этой книги. Скорость движенія частей кольца, сообразно этимъ законамъ, какъ сказано выше, должна увеличиваться снаружи кнутри. На восточной сторонѣ, гдѣ движеніе направлено къ намъ, спектральныя линіи соотвѣтствующаго края. должны быть всѣ сдвинуты къ фіолетовому концу, и тѣмъ больше, чѣмъ ближе къ шару: слѣдовательно, линіи должны идти наклонно. Линіи, полученныя отъ шара, должны идти также наклонно, но въ другомъ направленіи, потому что скорость движенія частей шара по отношенію къ линіи зрѣнія уменьшается къ рединѣ видимаго диска планеты, гдѣ она, конечно, равна нулю, а затѣмъ измѣняется въ обратномъ направленіи. Линіи, полученныя отъ западнаго края кольца, должны быть сдвинуты къ красному концу, и тѣмъ менѣе, чѣмъ ближе къ наружному краю.

Фотографія спектра блестящимъ образомъ подтверждаетъ этотъ теоретическій разсчетъ, въ чемъ каждый легко можетъ убѣдиться. Болѣе точныя измѣренія надъ 50 линіями показываютъ, что скорость движенія точки на шарѣ Сатурна, именно на краю его видимаго диска, равна 10,3 клм. въ секунду, что вполнѣ согласуется съ прямыми наблюденіями; для точки въ рединѣ свѣтлой кольцевой системы мы получаемъ скорость въ 18 клм. Теоретическіе разсчеты для послѣдней величины даютъ 18,8 клм.; разница лежитъ въ предѣлахъ ошибокъ опредѣленія. Въ то же время мы получаемъ здѣсь замѣчательное подтвержденіе принципа Допплера для измѣренія скоростей по линіи зрѣнія.

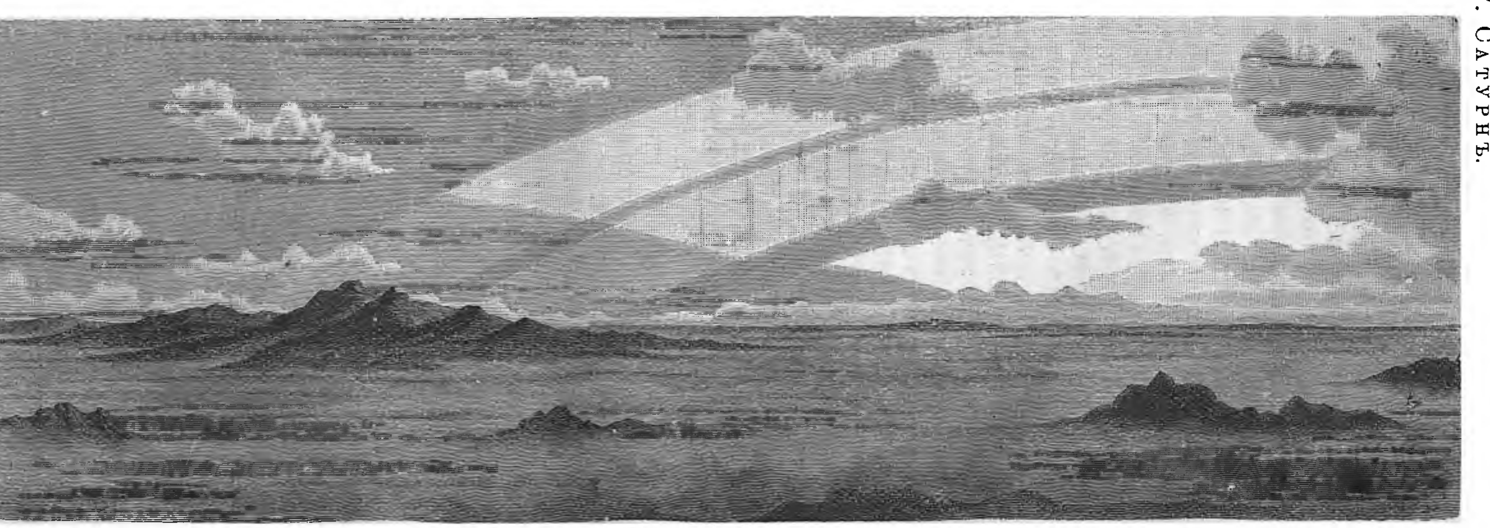
Въ срединѣ этой удивительной системы колецъ находится большой шаръ планеты. Цѣлымъ рядомъ измѣреній обнаружено, что центръ шара и кольца въ точности совпадаютъ, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ какъ будто наблюдалось незначительное эксцентрическое положеніе; однако, вслѣдствіе малой величины его, нельзя съ увѣренностью за него ручаться.

Шаръ Сатурна, какъ и шаръ Юпитера, окруженъ свѣтлыми и темными полосами, а потому общая яркость его замѣтно слабѣе яркости кольца, по крайней мѣрѣ въ среднихъ наиболѣе яркихъ его частяхъ. Фотометрическія изслѣдованія надъ относительной яркостью приводятъ къ важнымъ заключеніямъ о физическихъ свойствахъ кольца. Однако, мы не станемъ подробно останавливаться на вопросѣ о таинственномъ строеніи этого образованія, пока не познакомимся съ природой тяготѣнія. Здѣсь мы скажемъ только: теорія могла въ точности показать, что, какъ уже сказано, эти кольца состоятъ изъ безчисленнаго множества мелкихъ спутниковъ, которые въ этой копіи солнечной системы играютъ роль пояса малыхъ планетъ; только они здѣсь скучены столь же тѣсно, какъ отдѣльныя частицы въ облакѣ пыли. Хотя частицы и сохраняютъ тамъ извѣстную самостоятельность, однако всѣ онѣ въ совокупности подчиняются же дѣйствію силы, которая гонитъ облако.

Альбедо Сатурна, выраженное въ частяхъ альбедо Марса, равно 3,28; слѣдовательно, оно нѣсколько больше альбедо Юпитера и почти равно альбедо самой яркой планеты — Венеры (3,44). Уже отсюда, руководясь прежними соображеніями, можно заключить, что Сатурнъ окутанъ плотнымъ облачнымъ покровомъ, и это, дѣйствительно, подтверждается какъ прямымъ наблюденіемъ, такъ и при помощи спектро-



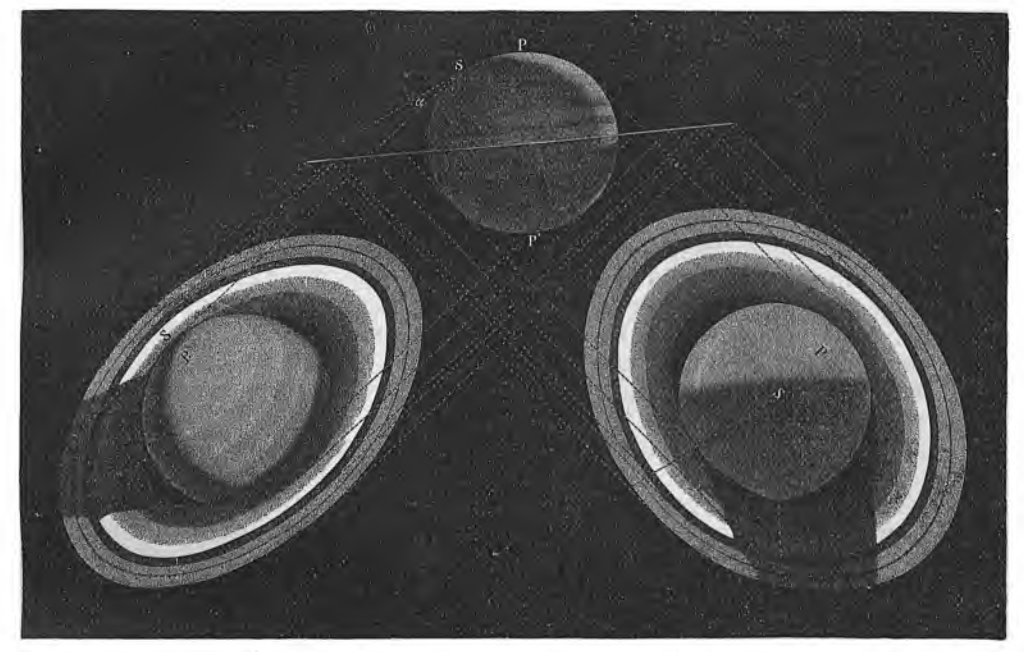
Видъ кольца Сатурна съ точки, лежащей на поверхности планеты подъ 70° широты.



Видъ кольца Сатурна съ точки, лежащей на поверхности планеты подъ 50° широты.

скопа. Гюггинсъ, Фогель, Секки, Жансенъ согласны въ томъ, что спектръ шара Сатурна имѣетъ большое сходство со спектромъ Юпитера, и даже въ частности красная полоса, замѣченная въ спектрѣ Юпитера, наблюдается и здѣсь. Очень интересенъ фактъ, недавно установленный Килеромъ съ помощью большого ликскаго рефрактора, что эта атмосферическая полоса красной части не наблюдается въ спектрѣ кольца Сатурна; впрочемъ, это можно было предвидѣть, на основанiи выше указаннаго взгляда на строенiе кольца. Итакъ, кольцо Сатурна не окружено атмосферой.

Полосы, идущiя вокругъ шара Сатурна, придаютъ ему вполнѣ видъ Юпитера, если разсматривать послѣднiй съ малыми увеличенiями, которыя соотвѣтствовали бы разстоянiю Сатурна: оно почти вдвое больше, чѣмъ



Перспективное построенiе вида кольца Сатурна для двухъ различныхъ точекъ на поверхности планеты.

разстоянiе Юпитера. Очень вѣроятно, что мы могли бы видѣть на Сатурнѣ столько же подробностей, какъ и на Юпитерѣ, если бы онъ находился на такомъ же разстоянiи отъ солнца, какъ послѣднiй. Въ дѣйствительности же на его шарѣ рѣдко можно различить пятна, хотя и чаще, чѣмъ на кольцахъ. Благодаря этимъ пятнамъ было опредѣлено, что время обращенiя шара равно 10 часамъ $14^1/_2$ минутамъ, что опять таки сходно съ временемъ обращенiя Юпитера. Слѣдовательно, скорость движенiя точки на экваторѣ Сатурна немного менѣе, чѣмъ на Юпитерѣ: она равна 10,4 клм. въ секунду. Какъ и для Юпитера, эта громадная скорость объясняетъ намъ полосообразное распредѣленiе облаковъ на Сатурнѣ. Поэтому можно было также ожидать, что наблюденiя надъ деталями поверхности покажутъ зависимость времени обращенiя отъ широты. И въ самомъ дѣлѣ это подтвердилось. Какъ и на Юпитерѣ, пятна экваторiальнаго пояса обнаруживаютъ здѣсь очень быстрое вращенiе. Стенли Вильямсъ наблюдалъ въ 1891 году между 6° сѣверной и 12° южной широты много темныхъ и свѣтлыхъ пятенъ, время обращенiя которыхъ было равно 10 часамъ 13 минутамъ, т. е. на $1^1/_2$ минуты меньше числа, даннаго выше, которое тотъ же изслѣдователь наблюдалъ между 17° и 37° широты.

Здѣсь такъ же, какъ на Юпитерѣ, можно замѣтить при простомъ взглядѣ раздѣленіе на жаркій, умѣренные и полярные пояса. Наиболѣе яркій — это экваторіальный поясъ; ширина его колеблется между 12 и 18°. Обѣ полосы умѣреннаго пояса, повидимому, простираются отсюда къ сѣверу и къ югу до сорокового градуса широты. Соотвѣтственный южный поясъ простирался въ 1881 году по женевскимъ измѣреніямъ до 47°; сѣверный былъ въ это время покрытъ кольцомъ. Южная полярная область казалась тогда нѣсколько ярче прилегающей къ ней полосы, но темнѣе экваторіальнаго пояса. Яркость полярныхъ областей, повидимому, подвержена колебаніямъ, которыя, по предположенію Гершеля, стоятъ въ связи съ временами года. Годъ Сатурна обнимаетъ такой же промежутокъ времени, какъ видимое измѣненіе его системы колецъ, именно $29^1/_2$ нашихъ лѣтъ. Въ теченіе этого промежутка времени та и другая сторона кольца поперемѣнно освѣщаются солнцемъ; а потому только разъ въ 15 лѣтъ смѣняются ночь и день въ полярныхъ странахъ этой далекой отъ солнца планеты. Когда такая область освѣщается солнцемъ вновь послѣ пятнадцатилѣтней полярной ночи, то она кажется намъ ярче противоположной полярной области, которая весь предыдущій періодъ была освѣщена лучами солнца. По крайней мѣрѣ такъ утверждалъ Гершель, на основаніи наблюденій, произведенныхъ между 1793 и 1806 годами. На рисункѣ Вильямса южный полярный поясъ изображенъ замѣтно темнѣе сѣвернаго. За десять лѣтъ передъ тѣмъ авторъ этой книги видѣлъ его болѣе яркимъ, чѣмъ окололежащія области, почти такимъ, какимъ изображенъ на рисункѣ Вильямса сѣверный полярный поясъ. Въ настоящее время онъ медленно поворачивается отъ темной стороны къ солнцу, а тогда тоже самое происходило съ областью южнаго полюса. Распредѣленіе яркости, слѣдовательно, согласуется въ обоихъ случаяхъ съ предположеніемъ Гершеля. Конечно, мы не можемъ представить себѣ явленій, происходящихъ на поверхности планеты, какъ это мы дѣлали относительно Марса, такъ какъ о поверхности Сатурна и даже Юпитера мы ничего не знаемъ. Мы не можемъ говорить и объ измѣненіи снѣжнаго и ледянаго покрова съ временами года на поверхности этой планеты. Наши наблюденія относятся исключительно къ внѣшнему облачному покрову планеты, и мы можемъ только предполагать, что тамъ такъ же, какъ у насъ, солнечная теплота имѣетъ вліяніе на болѣе или менѣе энергичное образованіе облаковъ.

Особенно заманчиво представить себѣ, какой видъ имѣетъ кольцо для обитателей Сатурна. Во многихъ популярныхъ астрономическихъ книгахъ встрѣчаются удивительно фантастическія изображенія его, такъ какъ обыкновенно довольствуются поверхностной оцѣнкой его положенія. Въ основаніи обоихъ изображеній, даваемыхъ нами, лежатъ точныя перспективныя построенія, которыя мы и приводимъ рядомъ съ изображеніями. Затемненныя части опредѣляютъ крайніе лучи, попадающіе въ глаза наблюдателя отъ кольца и показываютъ тотъ отрѣзокъ кольца, который виденъ съ соотвѣтствующей точки зрѣнія. Первый рисунокъ представляетъ картину кольца, какимъ оно кажется подъ 70° широты; на перспективномъ чертежѣ (стр. 187) эта точка обозначена S. На первомъ рисункѣ кольцо кажется удлиненной дугой, напоминающей дугу нашихъ сумерекъ на горизонтѣ, послѣ заката солнца; подобное явленіе не представляетъ чего нибудь особеннаго для насъ; странной развѣ только показалась бы темная линія, извѣстная подъ названіемъ щели Энке. Однако, дуга сумерекъ не мѣняетъ своего положенія относительно горизонта, тогда какъ кольцо для каждой широты сохраняетъ постоянно одно и то же положеніе, и только его освѣщеніе мѣняется отъ временъ дня и года. Тѣнь съ круглымъ контуромъ, падающая на кольцо, происходитъ отъ шара планеты. Если мы съ данной точки наблюденія передвинемся дальше къ полюсу, то кольцо исчезнетъ

подъ горизонтомъ; вблизи полюса его вовсе не видно. Но если мы будемъ приближаться къ экватору, то кольцо все больше будетъ подниматься и на широтѣ Сатурна, соотвѣтствующей приблизительно у насъ на землѣ широтѣ Берлина, оно имѣетъ такой видъ, какъ изображено на нижнемъ рисункѣ. Но чѣмъ ближе мы будемъ подвигаться къ экватору, тѣмъ больше будетъ сокращаться кольцо въ ширину, такъ какъ оно будетъ подниматься все круче надъ горизонтомъ, и наконецъ на самомъ экваторѣ оно будетъ имѣть видъ совершенно узкой, едва замѣтной отвѣсной линіи; намъ казалось бы, какъ будто природа, для облегченія астрономической работы, разсѣкла небесную сферу на отдѣльныя полушарія линіей, которая для астрономовъ Сатурна также точно опредѣляла бы основную плоскость, къ которой они относили бы всѣ измѣренія и движенія, какъ для насъ опредѣляетъ ее экваторъ.

Но нашъ взглядъ былъ бы восхищенъ еще однимъ страннымъ явленіемъ на небѣ этой замѣчательнѣйшей изъ всѣхъ планетъ, именно, движеніемъ восьми спутниковъ. Эти тѣла различной величины, совершаютъ свои пути вокругъ планеты за ея кольцомъ, на различныхъ разстояніяхъ, съ различными скоростями, со смѣнами фазъ. Такимъ образомъ небо Сатурна самое богатое и самое интересное въ пространствѣ, доступномъ нашей наукѣ.



Прохожденіе Титана передъ Сатурномъ, по наблюденію Фримана 11 марта 1892 г.

Первый изъ этихъ спутниковъ, называемый Мимасъ, какъ и слѣдующій за нимъ, принадлежитъ къ разряду близкихъ къ планетамъ спутниковъ, какіе мы встрѣчали у Марса и Юпитера. Отъ наружнаго края кольца Сатурна Мимасъ отстоитъ самое большое на 52,000 клм, или на четыре земныхъ поперечника. Поэтому даже въ сильнѣйшіе зрительные инструменты съ трудомъ можно видѣть эту крошечную свѣтлую точку. Въ вѣнскій 26-дюймовый рефракторъ авторъ видѣлъ ее не лучше, чѣмъ при ясномъ женевскомъ воздухѣ въ 10-дюймовый; а въ Мадрасѣ удавалось иногда видѣть этотъ спутникъ въ шестидюймовый телескопъ. По фотометрическимъ измѣреніямъ Э. Пикреинга поперечникъ этого спутника равенъ 470 клм.: такимъ образомъ онъ имѣетъ размѣры большихъ астероидовъ. Только, благодаря его большому разстоянію отъ насъ, онъ кажется намъ такимъ крошечнымъ. Время его обращенія по орбитѣ меньше земныхъ сутокъ; оно равно 22 часамъ 37 минутамъ; орбита его почти равна орбитѣ нашей луны. Второй спутникъ.— Энцеладъ, не больше Мимаса, но онъ гораздо легче видимъ, благодаря болѣе значительному разстоянію отъ свѣтлаго кольца. Онъ обращается вокругъ Сатурна въ 1 сутки 8 часовъ 52 минуты; наибольшее разстояніе его отъ центра Сатурна равно 3,9 радіуса планеты. Фетида, третья луна, значительно больше ближайшихъ лунъ; по разсчету Пикеринга она почти вдвое больше каждой изъ нихъ. Ея наибольшее разстояніе равно 4,8 радіуса Сатурна, а время обращенія — 1 суткамъ 21 часамъ 18 минутамъ. Слѣдующая четвертая луна, Діона, повидимому, меньше Фетиды, однако, навѣрное утверждать этого нельзя, такъ какъ сила ея свѣта, какъ и другихъ лунъ Сутурна, колеблется. На основаніи періодичности этихъ колебаній сдѣлано было заключеніе о совпаденіи временъ обращенія луны вокругъ планеты и вращенія около своей оси. Діона находится на разстояніи 6,2 радіусовъ Сатурна отъ планеты и совершаетъ свое обращеніе вокругъ послѣдней въ 2 сутки 17 часовъ 41 минуту. Пятая луна, Рея, несомнѣнно больше ближайшихъ лунъ; по вычисленію Пикеринга, ея поперечникъ равенъ 1200 клм. Ея разстояніе отъ планеты равно 8,6 радіусовъ Сатурна, а время обращенія—4 суткамъ 12 часамъ 25 минутамъ.

Эти первыя пять лунъ, отличащіяся другъ отъ друга по величинѣ, однако не достигаютъ величины четырехъ старыхъ лунъ Юпитера. Онѣ образуютъ особенную группу, которую, пожалуй, можно сравнить съ группой такъ называемыхъ внутреннихъ планетъ до Марса включительно. Позднѣе мы увидимъ, что внутреннія планеты отличаются почти во всѣхъ характерныхъ чертахъ отъ большихъ внѣшнихъ планетъ. Съ другой стороны уже изъ описанія системы Сатурна можно видѣть ея необыкновенное сходство съ системой Юпитера.

Шестая луна, Титанъ, занимаетъ мѣсто Юпитера въ этой удивительной копіи солнечной системы. Онъ является самымъ крупнымъ членомъ системы Сатурна. При сильномъ увеличеніи и благопріятномъ состояніи воздуха онъ виденъ въ формѣ диска, изъ величины котораго поперечникъ Титана вычисляется въ 2—3000 клм. Но по измѣреніямъ Бернерда, произведеннымъ въ 1895 году, спутникъ имѣетъ поперечнихъ въ 0,″633, что даетъ 4000 клм. Фотометрическое опредѣленіе даетъ меньшую величину; оказалось, что когда Титанъ проходилъ передъ Сатурномъ 11 марта и 12 апрѣля 1892 года, онъ былъ темнѣе экваторіальнаго пояса планеты, слѣдовательно, имѣлъ значительно меньшее альбедо, чѣмъ послѣдній. Фотометрическій же методъ предполагаетъ одинаковую отражательную способность; этимъ и объясняется до нѣкоторой степени указанная разница. Приведенный на стр. 189 рисунокъ изображаетъ прохожденіе Титана передъ планетой. Тѣнь спутника идетъ при этомъ впереди самого спутника и кажется значительно больше отбрасывающаго ее тѣла. Это явленіе часто очень отчетливо наблюдалось при прохожденіи спутниковъ Юпитера; оно требуетъ еще себѣ объясненіе. Благодаря ему, тѣни Мимаса и Энцелада гораздо яснѣе видны на планетѣ. чѣмъ можно было бы ожидать при незначительныхъ размѣрахъ этихъ тѣлъ.

Какъ въ солнечной системѣ группы внутреннихъ и внѣшнихъ планетъ отдѣлены широкимъ промежуткомъ, который заполненъ поясомъ малыхъ планетъ, также точно между Реей и Титаномъ мы находимъ очень большое разстояніе: какъ указано выше первая отстоитъ отъ центра системы на 8,6 радіуса Сатурна, а второй—на 19,9 или на 2.400,000 клм. Титанъ ссвершаетъ свое движеніе вокругъ планеты въ 15 дней 22 часа 41 минуту.

Уже промежутокъ между Реей и Титаномъ обратилъ на себя вниманіе и приводилъ къ предложенію, что, въ виду большого сходства системы Сатурна съ солнечной системой, здѣсь также, быть можетъ, находится поясъ мелкихъ спутниковъ. Однако, до открытія седьмого спутника, Гиперіона, которое почти одновременно было сдѣлано Бондомъ въ Кембриджѣ (Сѣв. Ам.) и Ласселемъ на Мальтѣ, 16 и 18 сентября 1848 г., еще большій промежутокъ, равный 19,9—58 радіусамъ Сатурна, оставался между Титаномъ и послѣдней луной системы, Япетомъ. Въ этомъ промежуткѣ и была найдена седьмая луна Сатурна, Гиперіонъ, съ поперечникомъ ок. 300 клм., слѣдовательно эта луна—самая маленькая изъ всѣхъ лунъ этой системы. Такъ какъ она можетъ удаляться отъ планеты на $38^1/_4$ радіусовъ Сатурна, то остается широкое пространство, въ которомъ приходится отыскивать эту крошечную свѣтлую точку, если заранѣе не опредѣлено ея мѣсто при помощи точныхъ вычисленій. Потому-то только немногіе астрономы видѣли это чрезвычайно отдаленное и маленькое свѣтило нашего солнечнаго царства. Оно совершаетъ свое обращеніе въ 21 день 6 часовъ 38 минутъ. Нѣтъ ничего невозможнаго въ томъ, что Гиперіонъ является только самой большой изъ лунъ, которыя въ этой области, подобно малымъ планетамъ, образуютъ кольцо вокругъ Сатурна.

Восьмая и послѣдняя луна, Япетъ, по свидѣтельству Пикеринга, равна по величинѣ Фетидѣ или Діонѣ; она имѣетъ въ поперечникѣ круглымъ

числомъ 800 клм. Но ея яркость очень замѣтно подвергается періодическимъ колебаніямъ, которыя показываютъ, что времена обращенія луны вокругъ планеты и вращенія около оси равны между собою. Когда Япетъ находится въ западной элонгаціи, его нетрудно наблюдать даже въ телескопъ средней силы; за то въ восточной части орбиты онъ почти совершенно исчезаетъ. Очевидно, на этомъ спутникѣ должны быть свѣтлыя и темныя пятна, которыя неравномѣрно распредѣлены по его поверхности. Особенно замѣчательно то, что пятна эти распредѣлены такимъ образомъ, что поверхность спутника, обращенная къ Сатурну, имѣетъ ту же отражательную способность, что и противоположная; то же самое было установлено для послѣдняго спутника Юпитера. Съ другой стороны, если два полушарія какого либо свѣтила имѣютъ различный топографическій характеръ, то съ космогонической точки зрѣнія, какъ мы узнаемъ позднѣе, подобный фактъ можетъ найти одно только объясненіе: это—продолжительное дѣйствіе другого мірового тѣла. Въ настоящемъ случаѣ такое постоянное дѣйствіе исходило отъ Сатурна, который удержалъ планету на ея орбитѣ и заставилъ ее обращать постоянно одну и ту же сторону къ центральному тѣлу. Но если бы та сторона Япета, которая въ настоящее время постоянно обращена къ Сатурну, была ярче другой, то, конечно, во время обѣихъ элонгацій Япетъ долженъ бы казаться одинаково яркимъ; а при своемъ положеніи по ту сторону планеты онъ былъ бы ярче, чѣмъ въ элонгаціяхъ. На самомъ дѣлѣ этого нѣтъ; полушарія Япета съ различнымъ альбедо такъ устроены, что если смотрѣть на него съ Сатурна, то кажется, что онъ имѣетъ постоянно одинаковую яркость. Мы приходимъ такимъ образомъ къ заключенію, что какая то внѣшняя причина сдвинула сторону спутника, долгое время обращенную къ Сатурну, по крайней мѣрѣ на четверть оборота относительно ея первоначальнаго положенія*).

Хотя выводы, подобные выше приведеннымъ, и не относятся къ настоящей, описательной части астрономіи, но они могутъ заранѣе служить примѣромъ того, какія интересныя слѣдствія можно вывести изъ общей совокупности наблюденій, кажущихся на первый взглядъ незначительными и не имѣющими цѣны. Подобныя намеки на нарушеніе нормальнаго порядка, вмѣстѣ съ другими возмущеніями, съ которыми мы познакомимся при разсмотрѣніи планетныхъ движеній, показываютъ, что у отдаленныхъ предѣловъ нашей міровой системы когда то совершались процессы, причины которыхъ намъ еще совершенно неизвѣстны.

Время обращенія Япета равно 79 днямъ 7 часамъ 40 минутамъ; т. е. почти равно времени обращенія ближайшей къ солнцу планеты Меркурія (88 дней). День и ночь смѣняются на этомъ спутникѣ почти черезъ 40 нашихъ дней. Япетъ отдѣленъ отъ Сатурна разстояніемъ въ 58 радіусовъ планеты. Такова сфера дѣйствія этой удивительной планеты, которая еще сто лѣтъ тому назадъ была для насъ крайнимъ пограничнымъ столбомъ солнечнаго царства.

Удивительно, что на рисункахъ древнихъ индійскихъ астрономовъ мы встрѣчаемъ изображеніе Сатурна въ видѣ глаза: оно напоминаетъ форму планеты, окруженной кольцомъ, какъ ее видѣлъ Галилей въ свой несовершенный телескопъ. Это обстоятельство послужило однимъ изъ аргументовъ, вызвавшихъ легенду о высокоразвитомъ народѣ, безъ слѣда исчезнувшемъ въ Индійскомъ океанѣ въ доисторическое время. Болѣе вѣроятно, однако, что мы имѣемъ здѣсь замѣчательное совпаденіе. Вѣроятно, эту отдаленную планету считали окомъ безконечности, а, какъ извѣстно, для послѣдней

---

*) Изложенные выводы автора не могутъ считаться общепринятыми въ наукѣ.

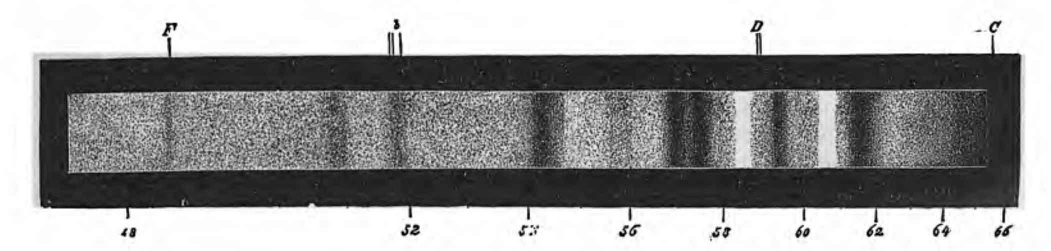
С. Глазенапъ.

придуманъ еще другой символъ, имѣющій подобный же видъ; змѣя, кусающая свой хвостъ и окружающая шаръ міра *).

---

8. Уранъ.

Всѣ разсмотрѣнныя большія планеты были уже съ давнихъ поръ извѣстны, какъ свѣтила особаго рода; но Уранъ представляетъ первое случайно открытое самостоятельное свѣтило нашей солнечной системы. Исторія его открытія сходна съ исторіей открытія первой малой планеты. Гершель, въ то время еще совершенно неизвѣстный любитель астрономіи, изготовивъ въ часы досуга собственными руками небольшой зеркальный телескопъ, случайно натолкнулся 13 марта 1781 года на сравнительно яркую звѣзду, которая, хотя и очень медленно, мѣняла свое положеніе относительно неподвижныхъ звѣздъ. Ему и всѣмъ остальнымъ астрономамъ, конечно, тотчасъ же пришла мысль, что открыта новая комета; то же самое произошло, какъ извѣстно, съ Церерой. Какъ для Цереры Гаусъ, такъ здѣсь великій Лапласъ показалъ,—когда движеніе новаго свѣтила было



Спектръ Урана, по фотографіи Килера въ Ликской обсерваторіи.

прослѣжено въ теченіе нѣкотораго времени,—что оно движется не по кометной орбитѣ: послѣдняя, идя изъ беконечности, вновь уводитъ въ безконечность движущееся по ней свѣтило, которое исчезаетъ для насъ навсегда. Факты же, установленные наблюденіемъ, можно было объяснить только при допущеніи, что новое небесное тѣло движется почти по круговому пути, т, е. что оно принадлежитъ издавна солнечной системѣ. Это вскорѣ подтвердилось и даже нашлось много прежнихъ наблюденій планеты, которыя дали возможность опредѣлить положеніе планеты между неподвижными звѣздами въ прошломъ до 1690 года.

Уранъ при благопріятныхъ условіяхъ можно даже видѣть просто глазомъ; нѣкоторымъ племенамъ островитянъ Южнаго моря, какъ говорятъ, Уранъ былъ давно извѣстенъ, какъ планета. Въ телескопъ онъ кажется маленькимъ кружкомъ въ 4″ въ поперечникѣ. Въ теченіи синодическаго оборота планеты, которое на 4 дня длиннѣе года, поперечникъ можетъ измѣняться на 0,7 секунды, смотря по тому, находится ли Уранъ въ противостояніи, или въ соединеніи съ солнцемъ. По этому незначительному измѣненію въ величинѣ можно сразу заключить, что планета находится отъ насъ на большомъ разстояніи. Дѣйствительно, съ открытіемъ Урана предѣлы солнечной системы, которые, включая Сатурнъ, простирались до 9,5 разстояній земли отъ солнца, расширились болѣе, чѣмъ вдвое, ибо Уранъ находится

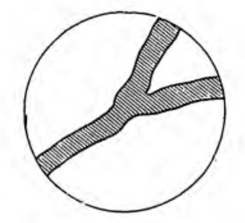
---

*) Во время печатанія настоящей книги въ русскомъ переводѣ получена (6 марта 1899) телеграмма объ открытіи профессоромъ В. Пикерингомъ въ Арекви́пѣ девятаго спутника Сатурна, обращающагося вокругъ планеты въ 17 мѣсяцевъ.

С. Глазенапъ.

отъ центра системы на 19 солнечныхъ разстояній или на 2,851 милл. километровъ. Отсюда слѣдуетъ далѣе, что истинный поперечникъ Урана равенъ круглымъ числомъ 53,000 клм., т. е. онъ нѣсколько болѣе четырехъ земныхъ поперечниковъ. Однако, при незначительномъ видимомъ поперечникѣ и большомъ разстояніи планеты отъ насъ, легко можетъ быть, что эта величина неточна на 1000 клм.; десятая часть дуговой секунды, на разстояніи Урана, равна приблизительно 1000 клм. Слѣдовательно, хотя Уранъ значительно меньше Сатурна и Юпитера, однако, все же гораздо больше внутреннихъ планетъ.

Не только по своей величинѣ и своему положенію Уранъ принадлежитъ къ группѣ внѣшнихъ планетъ, но,—насколько можно судить при его разстояніи, — онъ обладаетъ всѣми другими свойствами, которыми Юпитеръ и Сатурнъ существенно отличаются отъ родственныхъ землѣ внутреннихъ планетъ. Во-первыхъ альбедо и спектръ его обнаруживаютъ очень плотную атмосферу. Относительное альбедо Урана почти такъ же велико, какъ альбедо Юпитера и въ 2,73 раза больше относительнаго альбедо Марса. Прилагаемый спектръ, сфотографированный Килеромъ въ Ликской обсерваторіи, подтверждаетъ, что столь значительная отражательная способность зависитъ и здѣсь, какъ на Сатурнѣ и Юпитерѣ, отъ плотнаго облачнаго покрова. Хотя свѣтъ Урана по причинѣ отдаленности планеты такъ слабъ, что фраунгоферовы линіи солнечнаго спектра являются весьма слабыми или совсѣмъ исчезаютъ въ немъ, тѣмъ не менѣе широкія полосы, которыя, не сомнѣнно, произошли отъ поглощенія атмосферой планеты, выступаютъ очень ясно. Здѣсь опять очень рѣзко выдѣляется полоса, соотвѣтствующая 618 $\mu\mu$, не появляющаяся въ спектрѣ земной атмосферы, и характерная для атмосферъ Юпитера и Сатурна. Это свидѣтельствуетъ объ одинаковыхъ физическихъ и химическихъ свойствахъ данныхъ небесныхъ свѣтилъ: къ нимъ подходитъ и послѣдняя изъ внѣшнихъ планетъ, Нептунъ. Но въ спектрѣ Урана кромѣ того имѣется нѣсколько рѣзкихъ полосъ поглощенія, которыхъ нѣтъ въ спектрахъ двухъ самыхъ большихъ членовъ этой группы планеты. Слѣдовательно, наряду со свойствами, общими атмосферамъ этихъ планетъ, атмосфера Урана обладаетъ еще особенными свойствами. Но какого рода газовыя смѣси производятъ это поглощеніе, рѣшить пока нельзя. Для разрѣшенія подобныхъ вопросовъ необходимы дальнѣйшія тщательныя лабораторныя изслѣдованія физическаго и химическаго характера, которыя должны показать, въ какой степени спектры поглощенія газовыхъ смѣсей измѣняются при значительныхъ колебаніяхъ давленія и температуры.


Уранъ. По Гольдену.


Видимая величина Урана въ его крайнихъ положеніяхъ.

Вслѣдствіе незначительной величины диска планеты, подробностей на ея поверхности почти нельзя различить. Когда же удавалось замѣтить кое какіе слѣды подробностей, то, какъ и въ обоихъ большихъ родственныхъ планетахъ, выступалъ полосатый видъ поверхности. Прилагаемый рисунокъ въ преувеличенной формѣ передастъ одну развѣтвленную полосу, которую будто бы видѣлъ Хольденъ въ ликскій рефракторъ 27 апрѣля 1891 года. Совершенно такое же изображеніе видѣлъ позднѣе опять тотъ же астрономъ. Онъ пришелъ кромѣ того къ заключенію, что Уранъ очень быстро вращается вокругъ своей оси. Бреннеръ высказался за это же мнѣніе. Сжатіе, которое косвеннымъ образомъ свидѣтельствовало бы о быстромъ вращеніи, не могло быть измѣрено съ достовѣрностью, хотя большинство изслѣдователей утверждаютъ, что они наблюдали здѣсь значительное сжа-

тіе почти такое же, какъ у Сатурна. Подобное сжатіе вполнѣ вѣроятно въ связи съ остальными чертами планеты, общими съ Юпитеромъ и Сатурномъ.

Когда намъ удавалось различить сжатіе или опредѣлить положеніе экватора планеты, окруженной спутниками, то оказывалось, что послѣдніе совершаютъ свой путь въ плоскостяхъ, весьма близко совпадающихъ съ плоскостью экватора. Если бы на Уранѣ также существовало сжатіе, то наиболѣе короткій поперечникъ планеты долженъ идти не съ сѣвера на югъ, какъ у остальныхъ планетъ, но перпендикулярно къ этому направленію, и повидимому, это справедливо; ибо четыре спутника Урана совершаютъ движеніе именно въ такомъ ненормальномъ положеніи. Это служитъ новымъ аргументомъ въ пользу того, что на границахъ планетной системы неизвѣстныя катастрофы когда-то сильно измѣнили относительныя положенія свѣтилъ, имѣвшія въ началѣ несомнѣнно общій характеръ.

Четыре спутника, въ послѣдовательномъ порядкѣ по ихъ разстоянію отъ Урана, называются: Аріэль, Умбріэль, Титанія и Оберонъ. Ихъ разстоянія въ радіусахъ планеты и въ километрахъ (въ той же послѣдовательности) таковы: 7,7=194,000 клм., 10,8=271,000 клм., 17,6=444,000 клм., 23,6=593,000 клм. Времена обращенія: 2 дня 12 часовъ 19 минутъ, 4 дня 3 часа 28 минутъ, 8 дней 16 часовъ 56 минутъ, 13 дней 11 часовъ 7 минутъ. Аріэль и Умбріэль принадлежатъ къ труднѣйшимъ объектамъ для астрономическаго наблюденія. Они открыты 24 октября 1851 года въ гигантскій рефракторъ, который въ свое время установилъ Лассель подъ чудеснымъ небомъ Мальты. Даже фотометрическія измѣренія не могли до сихъ поръ быть къ нимъ примѣнены. Однако, изъ того, что и на такомъ разстояніи мы ихъ еще видимъ, надо заключить, что въ дѣйствительности они не могутъ быть очень маленькими небесными свѣтилами. По всей вѣроятности они не меньше Титаніи и Оберона, которые впервые наблюдалъ 11 января 1787 года Гершель. Величину послѣднихъ Пиккерингъ опредѣлилъ приблизительно въ 900 клм., предполагая, что ихъ альбедо соотвѣтствуетъ альбедо главной планетѣ. Оберонъ, можетъ быть, нѣсколько меньше Титаніи.

---

9. Нептунъ.

Исторія открытія Нептуна является величайшимъ торжествомъ астрономической теоріи. На томъ основаніи, что движенія только что открытаго Урана, не слѣдовали, повидимому, простому закону тяготѣнія, которому подчинены движенія всѣхъ небесныхъ свѣтилъ, сдѣлано было заключеніе о существованіи неизвѣстнаго до тѣхъ поръ свѣтила, вліяніемъ котораго и обусловливаются эти уклоненія. Объясненіе того, какимъ образомъ это возможно, мы оставляемъ до другого мѣста нашей книги. Здѣсь укажемъ только, что Леверье въ Парижѣ, сдѣлавшій соотвѣтственныя остроумныя вычисленія, въ письмѣ къ тогдашнему директору королевской обсерваторіи въ Берлинѣ, Энке, указалъ мѣсто на небѣ, гдѣ надо искать новое свѣтило. Новая планета могла имѣть только очень небольшіе размѣры, приблизительно звѣзды девятой величины, а такихъ звѣздъ на небѣ сотни тысячъ. Эти звѣзды не легко было отличить отъ искомой планеты, такъ какъ она могла имѣть только очень незначительное собственное движеніе. Въ виду такой трудности большія берлинскія академическія звѣздныя карты, которыя содержали звѣзды требуемой величины, и соотвѣтственный отдѣлъ которыхъ былъ какъ разъ въ это время готовъ, оказались особенно цѣнными, ибо съ ихъ помощью, путемъ сравненія, очень легко можно было найти посторонее свѣтило. Это и было причиной, заставившей парижскаго астронома обратиться въ Берлинъ. Обращеніе очень скоро оправдалось: вече-

ромъ того же дня, когда пришло памятное письмо съ просьбой объ изслѣдованіи, именно 23 сентября 1846 года, ассистентъ Галле, впослѣдствіи директоръ обсерваторіи въ Бреславлѣ, которому было поручено изслѣдованіе, увидѣлъ въ указанной области разыскиваемую звѣзду, не нанесенную на карту. Наблюденіе за ней показало, что это движущееся свѣтило, и даже навѣрное это была разыскиваемая планета, мѣсто которой на небѣ было опредѣлено вычисленіемъ съ точностью менѣе одного градуса. Позднѣе стало извѣстно, что Нептунъ, какъ и Уранъ, наблюдался Лаландомъ уже раньше, въ 1795 году, какъ неподвижная звѣзда.

Его видимый поперечникъ, равный приблизительно $2^1/_2$ дуговымъ секундамъ, чуть замѣтно измѣняется въ теченіе синодическаго оборота; теоретически разница эта между противостояніемъ и соединеніемъ должна равняться 0, 2“. Синодическое обращеніе на 2 дня длиннѣе года. Разстояніе Нептуна равно 30 радіусамъ земной орбиты или 4467 милліонамъ километровъ, откуда слѣдуетъ, что истинный поперечникъ его равенъ круглымъ числомъ 50000 клм., слѣдовательно, нѣсколько менѣе поперечника Урана. Однако, нужно замѣтить, что небольшія отклоненія, происходящія отъ различныхъ измѣреній видимой величины планетныхъ дисковъ, во всякомъ случаѣ настолько велики, что по нимъ нельзя съ точностью судить, одинаковы ли истинные размѣры Нептуна съ размѣрами Урана, или даже послѣдняя планета есть самая малая изъ внѣшнихъ планетъ. На крайнихъ граняхъ солнечнаго царства у насъ не хватаетъ уже средствъ для точныхъ прямыхъ опредѣленій относительныхъ величинъ. Во всякомъ случаѣ Нептунъ по размѣрамъ своего поперечника приблизительно въ четыре раза превосходитъ землю.

Все, что можно сказать о физическихъ свойствахъ Нептуна, почти цѣликомъ должно ограничиться повтореніемъ того, что уже извѣстно объ Уранѣ. Альбедо его почти такое же, и спектръ, по скольку его еще можно различить, согласуется со спектромъ Урана. Это обстоятельство достойно вниманія, ибо оно указываетъ, что всѣ внѣшнія планеты имѣютъ общій характеръ, отличный отъ характера земли и другихъ внутреннихъ планетъ. Отличіе ихъ выражается спектральной полосой, отвѣчающей 618 $\mu\mu$.; кромѣ того, два самые крайніе члена солнечной системы имѣютъ въ своихъ атмосферахъ еще другія составныя части, отсутствующія на остальныхъ планетахъ. Но, повидимому, во всѣхъ планетныхъ атмосферахъ содержатся водяные пары. Мы имѣемъ здѣсь факты, проливающіе важный свѣтъ на исторію развитія свѣтилъ. Именно, по всей вѣроятности, самыя крайнія планеты, какъ мы увидимъ позднѣе, суть наиболѣе старыя, образовавшіяся раньше другихъ. Спектроскопическія наблюденія, повидимому, показываютъ, что хотя всѣ планеты имѣютъ нѣчто общее, однако, въ послѣдовательномъ ихъ расположеніи относительно солнца, можно замѣтить, что тѣ или другія тѣла или свойства исчезали при ихъ образованіи, или не принимали участія въ образованіи ихъ атмосферы. На Юпитерѣ и Сатурнѣ, очевидно, нѣтъ веществъ, которыми обладаютъ Уранъ и вѣроятно Нептунъ; съ другой стороны земля и ближайшія къ ней родственныя внутреннія планеты не имѣютъ той особенности, которая связана съ присутствіемъ въ спектрѣ полосы, соотвѣтствующей 618 $\mu\mu$.

Подробностей на поверхности Нептуна, конечно, можно видѣть еще меньше, чѣмъ на Уранѣ. Наблюдателямъ козалось, будто бы края диска планеты обрисовывались неотчетливо. Поэтому явилось предположеніе, что эта удаленная отъ благодѣтельнаго дѣйствія солнца планета еще не сгустилась въ твердое тѣло, но представляетъ туманный газовый шаръ, каковыми по всей вѣроятности были нѣкогда всѣ планеты въ ихъ первоначальномъ состояніи. Это вполнѣ вѣроятно, но неотчетливость краевъ можно прекрасно объяснить, какъ и на Юпитерѣ, высокой атмосферой, которая по

краямъ планеты поглощаетъ такъ много свѣта, что намъ кажется, будто планета постепенно сливается въ формѣ тумана съ окружающимъ міровымъ пространствомъ.

Достовѣрно мы знаемъ только одинъ спутникъ, который обращается вокругъ этой медленно движущейся планеты. Такъ какъ этотъ спутникъ имѣетъ значительную величину, то его не такъ трудно видѣть, какъ спутники Урана. Робертсу даже удалось въ теченіи 15 минутъ получить фотографическое изображеніе Нептуна съ его спутникомъ. Во всякомъ случаѣ спутникъ, имѣя блескъ звѣзды 14 величины, является не легкимъ объектомъ для наблюденія. Однако, на основаніи незначительной силы свѣта въ связи съ громаднымъ разстояніемъ отъ насъ, которое превышаетъ въ 12000 разъ разстояніе нашей луны отъ земли, слѣдуетъ, что спутникъ Нептуна имѣетъ размѣры приблизительно земной луны. Отъ своей планеты, вокругъ которой спутникъ дѣлаетъ оборотъ въ 5 дней 21 часъ 2 минуты, онъ удаленъ на 14—15 ея радіусовъ, т. е. нѣсколько дальше, чѣмъ луна отъ земли. На этомъ спутникѣ мы замѣчаемъ подобную же аномалію въ положеніи орбиты, какъ на спутникахъ Урана. Здѣсь уклоненіе оказывается еще болѣе рѣзкимъ.

По аналогіи съ остальными большими планетами вполнѣ вѣроятно, что Нептунъ имѣетъ еще спутники, которые мы не можемъ видѣть вслѣдствіе ихъ большого разстоянія отъ насъ. Шеберле 24 сентября 1892 года на горѣ Гамильтонъ при необыкновенно благопріятныхъ атмосферическихъ условіяхъ видѣлъ въ 36 дюймовый рефракторъ какой то подозрительный объектъ; однако доказать, что это второй спутникъ Нептуна, ему не удалось.

Прежде чѣмъ, оставивъ Нептунъ, выйти за предѣлы планетнаго царства и обратиться къ кометамъ, этимъ непостояннымъ странницамъ, которыя какъ бы связываютъ солнечную систему съ родственными образованіями, находящимися во вселенной, мы сдѣлаемъ краткій обзоръ тѣхъ общихъ чертъ, на основаніи которыхъ разсмотрѣнныя до сихъ поръ небесныя свѣтила можно распредѣлить въ отдѣльныя группы.

Наша луна, вслѣдствіе отсутствія воды и воздуха, несомнѣнно, занимаетъ особенное положеніе, ибо спутники другихъ планетъ имѣютъ слѣды атмосферы, наполненной водяными парами, по скольку въ этомъ отношеніи они доступны изслѣдованію и сравнимы по величинѣ съ нашей луной. Можно думать, что на Меркуріи воздушной оболочки не существуетъ. На всѣхъ другихъ планетахъ почти несомнѣнно существуютъ водяные пары и воздухъ, хотя послѣдній не всегда одинаковаго состава съ нашимъ. Наша луна со многими, а можетъ быть со всѣми, спутниками иныхъ системъ имѣетъ ту общую черту, что времена обращенія ея вокругъ оси и вокругъ главной планеты равны, вслѣдствіе чего она постоянно обращена одной и той же стороной къ центральному тѣлу. Такое же свойство имѣетъ, навѣрное, и Меркурій относительно солнца, а по всей вѣроятности также и Венера. Начиная съ земли, всѣ планеты имѣютъ спутники и притомъ количество ихъ все увеличивается включительно до Сатурна. Можно подозрѣвать, что дальнѣйшее уменьшеніе числа спутниковъ не дѣйствительное, а кажущееся, такъ какъ на громадномъ разстояніи мы не можемъ различить свѣтилъ такихъ размѣровъ, какъ меньшіе спутники остальныхъ планетъ. Земля и луна имѣютъ многія общія топографическія черты на твердой поверхности, хотя благодаря близости, которая позволяетъ намъ очень подробно изучить горныя образованія на лунѣ, можно замѣтить много своеобразныхъ чертъ въ этомъ странномъ мірѣ. Земля и Марсъ, кромѣ почти одинаковой длины дня, имѣютъ массу общихъ метеорологическихъ явленій, которыя главнымъ образомъ выражаются въ смѣнѣ временъ года. Извѣстныя основныя черты циркуляціи воздуха, которыя обнаруживаются въ полосатомъ характерѣ поверхностей Юпитера и Сатурна, и другія подробности въ образованіи облаковъ на этихъ планетахъ, находятъ

себѣ объясненіе въ сходствѣ съ подобными же процессами на землѣ. Красное пятно на Юпитерѣ, повидимому, является признакомъ вулканическихъ процессовъ, какіе существуютъ и у насъ, хотя въ малыхъ размѣрахъ. Четыре внѣшнихъ планеты имѣютъ одинаковую величину, одинаковое обиліе спутниковъ (съ ограниченіемъ для Нептуна, которое разъяснено въ своемъ мѣстѣ), по всей вѣроятности, одинаковое очень быстрое вращеніе и вызванное имъ сильное сжатіе, кромѣ того, плотную атмосферу, отличную отъ нашей. Въ этой группѣ Сатурнъ и Юпитеръ, съ одной стороны, Уранъ и Нептунъ съ другой образуютъ подгруппы, которыя различаются атмосферами и орбитами ихъ спутниковъ; послѣднія у обоихъ крайнихъ планетъ не нормальны. Точно также на послѣднемъ спутникѣ Сатурна, Япетѣ, замѣчаются слѣды подобнаго же отклоненія отъ общаго правила. Сатурнъ, благодаря кольцу, только по виду занимаетъ особенное положеніе въ планетной системѣ, ибо въ дѣйствительности само солнце обладаетъ такимъ кольцомъ въ видѣ многочисленной группы малыхъ планетъ, которыя вполнѣ имѣютъ характеръ метеорнаго кольца Сатурна. Вообще при дальнѣйшемъ изслѣдованіи небеснаго свода мы узнаемъ, что кольцевая форма не представляетъ рѣдкаго явленія въ мірозданіи.

Если мы къ этимъ физическимъ свойствамъ присоединимъ еще свойство, съ которымъ познакомимся позднѣе при изученіи небесныхъ движеній (ср. главу 10 второй части), именно одинаковое направленіе движенія всѣхъ планетъ вокругъ солнца и вращенія вокругъ ихъ осей, то не можетъ остаться никакого сомнѣнія въ томъ, что это прекрасное цѣлое должно имѣть общее происхожденіе, общее развитіе и общую цѣль.

---

10. Кометы.

Повременамъ на ночномъ небѣ появляется, въ большинствѣ случаевъ неожиданно, свѣтило съ длиннымъ хвостомъ, совершенно не похожее на тѣ свѣтила, которыя мы привыкли видѣть на мирномъ небесномъ сводѣ. Быстро мѣняетъ оно свой видъ и величину, а путь его среди неподвижныхъ свѣтилъ кажется, при поверхностномъ наблюденіи, неподчиненнымъ никакому закону, никакой правильности. Обыкновенно оно исчезаетъ медленнѣе, чѣмъ появилось, но столь же таинственно. Въ цѣломъ явленіе такъ необычайно, такъ рѣзко нарушаетъ священный покой, однообразіе и закономѣрность всѣхъ остальныхъ небесныхъ явленій, что вполнѣ понятно, если два съ половиной столѣтія тому назадъ кометы, „хвостатыя или волосатыя звѣзды“, не считались небесными тѣлами, но имъ приписывалось подлунное происхожденіе. Казалось невозможнымъ, чтобы столь громадныя свѣтила, которыя часто перекидываются черезъ все небо въ видѣ блестящаго моста, могли блуждать среди остальныхъ крошечныхъ небесныхъ свѣтилъ, включая сюда же солнце и луну, не внося разстройства въ порядокъ движенія міровыхъ свѣтилъ. Если же кометы—горящіе пары, которые поднимаются въ атмосферу изъ нѣдръ земли, какъ то полагалъ Аристотель, то, судя по всему, онѣ могли бы достичь подобныхъ размѣровъ, не нанося вреда свѣтиламъ. Зато, въ этомъ случаѣ люди должны были бы испытывать передъ ними еще большій страхъ.

Суевѣрное отношеніе къ кометамъ, въ особенности же мнѣніе, будто появленіе этихъ свѣтилъ должно стоять въ связи съ распространеніемъ эпидемическихъ болѣзней, имѣло нѣкоторое оправданіе, пока не удалось найти несомнѣнныя доказательства космическаго характера кометъ. Не слѣдуетъ легкомысленно смѣяться надъ различными мнѣніями о всевозможныхъ несчастіяхъ, какія нѣкогда приписывали кометамъ. О кометныхъ

суевѣріяхъ собственно можно говорить только въ нашъ просвѣщенный вѣкъ, потому что только теперь мы можемъ имѣть правильные взгляды на эти свѣтила. Но до средины 17 столѣтія они оставались во всѣхъ отношеніяхъ загадками, отъ которыхъ можно было всего ожидать. Поэтому понятно, что всѣмъ человѣчествомъ овладѣвало немалое волненіе, когда на небѣ появлялось такое ужасное знаменіе, и что подъ вліяніемъ сильнаго возбужденія, въ какомъ находились цѣлые народы, въ самомъ дѣлѣ возникали несчастія, даже могла возгорѣться война, которая при спокойномъ настроеніи народовъ или ихъ правителей, не разыгралась бы. Въ этомъ отношеніи кометы, дѣйствительно, приносили несчастіе, и съ этой точки зрѣнія понятны слѣдующія разсужденія Петра Мегерлина изъ Базеля, высказанныя имъ въ очень распространенномъ въ то время сочиненіи „Астрологическія догадки о значеніи недавно появившейся кометы“. (Astrologische Mutmassungen von der Bedeutung des jüngst entstandenen Kometen, 1665).

„Теперь я вкратцѣ выскажу мои соображенія и мысли о значеніи этой еще до сихъ поръ стоящей на небѣ кометы; таковое (значеніе), думается мнѣ, должно вытекать изъ Harmonia Naturae т. е. изъ соотвѣтствія между небесными и земными твореніями, ибо въ теченіе многихъ вѣковъ наблюдается, что когда на небѣ появляется что нибудь новое, какъ кометы и другія подобныя явленія, то и Natura Sublunaris (подлунная природа) въ своемъ обычномъ ходѣ смущается необыкновенными явленіями и разстраивается. Такихъ случаевъ однако нужно искать не столько на небѣ, сколько на самой землѣ. Подобно тому, какъ сильное опьяненіе во время пира у одного можетъ вызвать падагру, у другого камни, у третьяго колики, у четвертаго головную или зубную боль, или болѣзнь глазъ, не потому, что вино само по себѣ вредно,—такъ какъ здоровому оно не приноситъ разстройства, а даже освѣжаетъ и веселитъ его,—но ихъ слабая природа не можетъ переносить такого сильнаго возбужденія; такимъ же точно образомъ стихійная природа, подъ вліяніемъ появленія кометы, приходитъ въ столь сильное движеніе, или, правильнѣе сказать, потрясеніе, что проявляется необычными событіями, къ которымъ раньше было предрасположеніе или склонность въ томъ или другомъ мѣстѣ. Поэтому когда относительно кометы надо рѣшить, предвѣщаетъ ли она чрезмѣрную жару или холодъ, засуху или наводненіе, вѣтеръ или землетрясеніе, чуму или другія болѣзни, или же внѣшнюю или междоусобную войну, возстаніе, перемѣну правительства или религіи и именно въ какой странѣ предвѣщаетъ она это, то отъ хорошаго предсказателя требуется быть не только глубоко понимающимъ физикомъ или толкователемъ природы, но также дальновиднымъ политикомъ, мужемъ, хорошо понимающимъ людей, который умѣетъ распознавать современное состояніе различныхъ странъ“.

Посмотримъ, какое же примѣненіе изъ появленія кометы дѣлаетъ этотъ ученый „Physicus“ и „Politicus“, опираясь на свои принципы предсказанія:

„Когда въ 1652 г. въ одной почтенной (швейцарской) общинѣ крестьяне изъ-за нѣсколькихъ небольшихъ повинностей почувствовали большое нерасположеніе къ своему начальству, появилась комета... Тогда я предсказалъ происшедшую отсюда на слѣдующій годъ крестьянскую войну, какъ это извѣстно многимъ и даже нѣкоторымъ знатнымъ лицамъ: не вмѣшайся здѣсь комета, дѣло не дошло бы до оружія, но устроилось бы болѣе мирнымъ способомъ. Надо замѣтить, что въ Цюрихѣ комета не была видна вслѣдствіе постоянной пасмурной погоды. И крестьяне въ 1653 году были здѣсь спокойны“

Какъ можно видѣть, ученый предсказатель почти исключительно говоритъ о томъ дѣйствіи, которое производится видомъ кометы, т. е. которое нѣкоторымъ образомъ вызывается самовнушеніемъ. Конечно, это уже большой шагъ впередъ сравнительно съ чисто мистическими взглядами на вліяніе кометъ, какіе имѣли и распространяли многіе изъ его предшественниковъ. Что, напр. сказать о томъ, что кометѣ 942 г. былъ приписанъ „моръ скота и животныхъ“ („träffentlicher sterbend und schelmentod an vych und thieren“), кометѣ же 1680 года было приписано то, что въ Римѣ одна курица „безъ порока“ снесла яйцо, на которомъ была изображена комета, и этимъ вопросомъ подробно занимался тогда Journal des Savants? Если такія заблужденія до нѣкоторой степени можно извинить временемъ, въ какое они появлялись, и которое не могло дать настоящихъ объясненій относительно природы этихъ по виду грозныхъ небесныхъ явленій, то во

всякомъ случаѣ позорно, что еще въ срединѣ нашего столѣтія могли появляться сочиненія, гдѣ кометамъ приписывалась причина болѣзней или особенно жаркое лѣто и холодная зима. Болѣе того, въ виду сильнаго упорства, съ какимъ въ теченіе цѣлыхъ столѣтій держатся суевѣрные взгляды на кометы, мы не можемъ и въ настоящее время быть увѣрены, что при появленіи какой нибудь кометы подобныя мнѣнія вновь не овладѣютъ широкими слоями народа, возбуждая въ нихъ ужасъ. Когда нѣсколько лѣтъ тому назадъ появилась небольшая комета Гольмса (Holmes) и, въ силу особенныхъ условій, первые приблизительные разсчеты показали, будто она движется прямо на насъ, то многія лица, и далеко не невѣжды, ставили вопросъ, что-то скажетъ „сухая теорія" астрономовъ, когда при ожидаемомъ столкновеніи, ей придется стать лицомъ къ лицу съ дѣйствительностью.

Впрочемъ, извѣстно, что кометы не всегда были вѣстниками несчастья; онѣ даютъ намъ также особенно хорошее вино, какъ кометы 1811 г. и 1882 г. Большая комета 1811 года, по убѣжденію мексиканскихъ золотоискателей, помогла имъ открыть знаменитый золотой рудникъ, а комета 1819 года указала самородную серебряную жилу.

Просвѣщенные и спокойные взгляды на кометы могли установиться только тогда, когда искусство наблюденія достаточно подвинулось впередъ, чтобы установить видимое движеніе этихъ свѣтилъ на небесномъ сводѣ, и когда теоретическія воззрѣнія развились соотвѣтственнымъ образомъ настолько, что за кажущимся можно было узнать дѣйствительное. Наконецъ надо было собрать массу физическихъ и астрономическихъ фактовъ, которые, повидимому, не имѣютъ ничего общаго съ кометами, чтобы разрѣшить великую загадку, какую представили эти стѣтила. Правда, уже давно появлялись нѣкоторые здраво смотрящіе на дѣло умы, которые, вопреки общему мнѣнію, рѣшительно высказывались за космическую природу кометъ. Такъ еще Сенека замѣтилъ, что кометы участвуютъ въ ежедневномъ движеніи неподвижныхъ звѣздъ и потому не могутъ имѣть земного происхожденія. Замѣчательны пророческія слова римскаго поэта Манилія, жившаго еще до Сенеки:

> Нѣтъ, природа ихъ создала вмѣстѣ съ тѣми звѣздами,
> Что сіяютъ для насъ вѣчнымъ свѣтомъ съ тверди небесной.
> Только ихъ (кометы) привлекаетъ къ себѣ мощный Геліосъ знойный:
> То погружаетъ онъ въ море лучей своихъ эти свѣтила,
> То отпускаетъ ихъ вновь, какъ Меркурія или Венеру.

Эти отдѣльныя мнѣнія стали пріобрѣтать сильную поддержку только съ тѣхъ поръ, какъ послѣ долгой умственной ночи, слѣдовавшей за паденіемъ Римской имперіи, вновь пробудился живой интересъ къ открытію закономѣрности небесныхъ движеній. Въ 1472 г. Регіомонтанъ предпринялъ первыя измѣренія положенія кометы на небѣ. Но только когда послѣ открытія телескопа, Гевель въ Данцигѣ могъ произвести въ этомъ направленіи болѣе точныя наблюденія, сдѣлалось возможнымъ подойти къ трудной математической задачѣ: къ опредѣленію пути кометъ въ пространствѣ, а слѣдовательно и относительно солнца, и вмѣстѣ съ тѣмъ, къ опредѣленію ихъ положенія относительно земли. Это одно могло рѣшить вопросъ, имѣютъ ли кометы подлунную или космическую природу. Только что названный ученый, данцигскій ратманъ, высказалъ уже опредѣленное убѣжденіе, что кометы описываютъ постоянные пути вокругъ солнца; но только Ньютонъ далъ методы, при помощи которыхъ можно вычислять пути свѣтила вокругъ солнца изъ наблюденій, произведенныхъ на землѣ, которая сама совершаетъ круговое движеніе. Благодаря этому въ 1705 году его соотечественникъ Галлей, могъ практически изслѣдовать первые пути кометъ. Впослѣдствіи мы еще вернемся къ этому. Хотя только вторая часть нашей книги посвящена движеніямъ небесныхъ свѣтилъ, однако, въ

настоящемъ случаѣ нельзя не сообщить о движеніяхъ кометъ, такъ какъ эти движенія имѣютъ основное значеніе для тѣхъ свѣдѣній, какія мы далѣе даемъ относительно физической природы этихъ наиболѣе подвижныхъ изъ всѣхъ небесныхъ свѣтилъ. Во второй части мы попытаемся привести доказательства, что описанныя здѣсь движенія кометъ и ихъ положенія относительно солнца и земли опредѣлены такими методами, которые не допускаютъ ошибокъ или невѣрнаго разсчета для этихъ данныхъ.

Разсмотримъ сначала нѣсколько ближе внѣшній видъ кометъ, какимъ онъ представляется просто глазу. Какъ характерный признакъ ихъ прежде всего бросается въ глаза ихъ хвостъ (Comes), отъ которыхъ эти свѣтила и получили свое названіе. Такъ какъ значительныя кометы появляются рѣдко (статистика показываетъ, что каждые четыре-пять лѣтъ невооруженномъ глазомъ можно видѣть одно такое свѣтило), то, за отсутствіемъ видимыхъ представителей этой группы, мы при изученіи кометъ должны ограничиться рисунками. Послѣднихъ существуетъ большое количество, но къ сожалѣнію мы вынуждены отказаться отъ многихъ рисунковъ прошлыхъ столѣтій, такъ какъ они слишкомъ субъективны. Очевидно на нихъ отразился глубоко вкоренившійся страхъ передъ кометами, какъ напр. показываетъ прилагаемый рисунокъ, взятый изъ книги Гевеля. Нѣкоторыя изъ приведенныхъ фигуръ имѣютъ видъ меча, что ясно показываетъ вліяніе царившаго въ то время страха передъ грозными небесными знаменіями; но другія изображены болѣе безпристрастно и указываютъ на слѣды явленій, которыя дѣйствительно наблюдались позднѣе, напр., выступы, идущіе въ разныхъ направленіяхъ (см. на прилагаемомъ рисункѣ четвертую комету), сложное ядро (предпослѣдняя комета) и т. д.



Рисунки кометъ изъ Кометографіи „Гевеля".

Единственный безпристрастный рисовальщикъ, фотографическій аппаратъ, могъ до сихъ поръ фиксировать только немногія большія кометы, такъ какъ съ 1882 года не появилось ни одной большой кометы, которая была бы доступна для хорошо организованныхъ обсерваторій нашего полушарія. Только за годъ до этого посчастливилось въ первый разъ получить на свѣточувствительной пластинкѣ полное изображеніе кометы, хотя еще 28-го сентября 1858 г. знаменитая комета Донати оставила первый замѣтный отпечатокъ на мокрой пластинкѣ изъ коллодіума. Первая дѣйствительно удачная фотографія, только что названная была сдѣлана 30 іюня 1881 г. французскимъ астрофизикомъ Жансеномъ; рисунокъ съ нея данъ на стр. 201. Прямое воспроизведеніе слабаго свѣтового отпечатка кометы на пластинкѣ было невозможно безъ помощи человѣческой руки. Снимокъ произведенъ былъ съ необычайно свѣтосильнымъ зеркаломъ, спеціально приготовленнымъ для подобныхъ цѣлей; отверстіе его равно было 0,5 м. фокусное разстояніе всего 1,6 м. Пластинку нужно было экспонировать $^{1}/_{2}$ часа. Послѣ того успѣхи фотографическаго искусства выразились въ превосходныхъ изображеніяхъ многихъ болѣе слабо свѣтящихся кометъ, появившихся съ тѣхъ поръ; объ этихъ кометахъ мы будемъ говорить подробнѣе



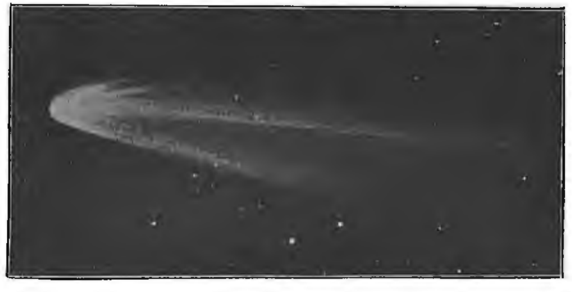
Міроздание.　　　　Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ЛАНДШАФТЪ СЪ БОЛЬШОЙ КОМЕТОЙ НОРМАЛЬНОЙ ФОРМЫ.

(По картинѣ Г. Гардера.)

Фотографія Жансена 1881 года даетъ намъ нормальный типъ большой кометы. Прилагаемая цвѣтная таблица передаетъ то впечатлѣніе, какое производитъ подобное явленіе среди нашей земной природы. Рѣзко очерченная параболической линіей сторона кометы, при нормальныхъ условіяхъ обращенная туда, гдѣ находится солнце подъ горизонтомъ, называется головой кометы, позади ея идетъ хвостъ, сіяніе котораго постепенно теряется на темномъ фонѣ. Обыкновенно хвостъ нѣсколько изогнутъ въ томъ направленіи, откуда движется свѣтило, подобно дыму, выходящему изъ идущаго локомотива. Если яркость хвоста въ поперечномъ сѣченіи неодинакова, то передняя его сторона большею частью бываетъ ярче и ограничена рѣзче, чѣмъ задняя, въ срединѣ же находится болѣе темный каналъ. Однако, какъ ни ярко блеститъ хвостъ, всѣ звѣзды, передъ которыми онъ проходитъ, видны сквозь него съ неослабленной яркостью. Это одинъ изъ удивительнѣйшихъ фактовъ, которые уже давно были замѣчены на этихъ загадочныхъ свѣтилахъ и благодаря которымъ они кажутся еще болѣе призрачными, невещественными.

Вотъ и всѣ признаки, которые можно замѣтить на большихъ кометахъ просто глазомъ. Въ отдѣльности кометы представляютъ столько разнообразнѣйшихъ видоизмѣненій въ своей формѣ, размѣрахъ и окраскѣ, столько особенностей и странностей, что пришлось бы посвятить имъ однимъ цѣлый томъ, если бы мы захотѣли исчерпать предметъ вполнѣ.

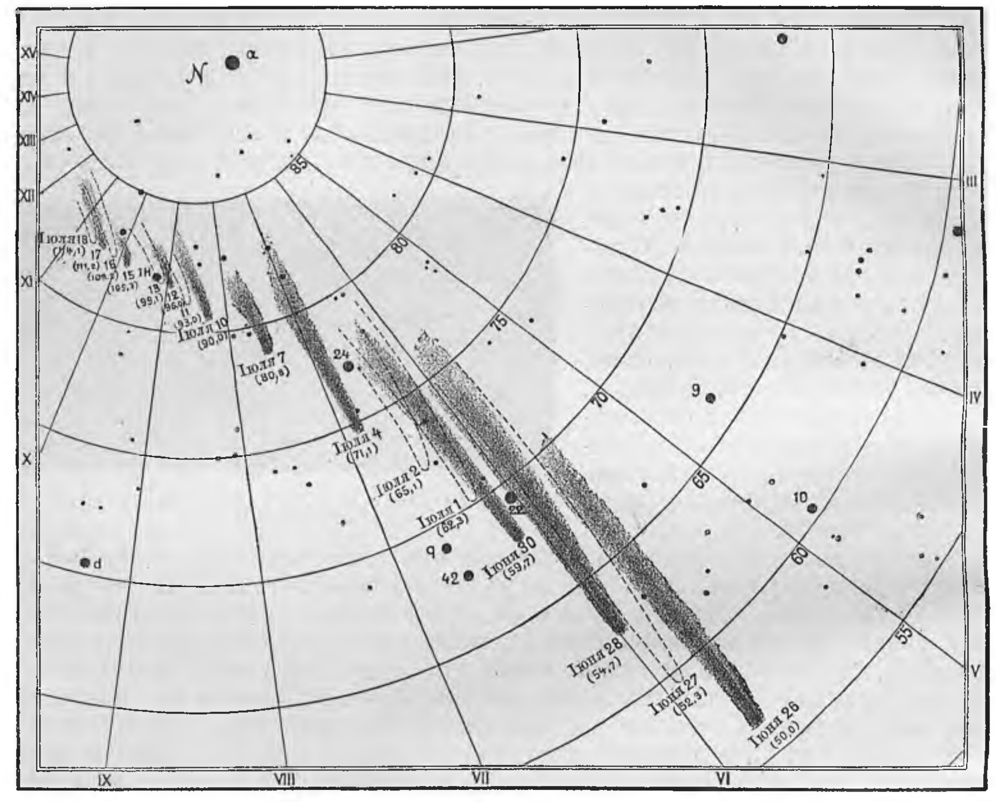


Первая фотографія кометы, снятая Жансеномъ въ Мёдонѣ 30 іюня 1881 г.

Длина хвостовъ можетъ колебаться отъ едва замѣтной величины до ста и болѣе градусовъ, такъ что когда голова кометы только что восходитъ надъ горизонтомъ, свѣтлый хвостъ ея, протянувшись надъ нашими головами, своимъ концомъ склоняется къ закату на противоположной сторонѣ горизонта. Постепенное исчезаніе свѣта хвоста на фонѣ неба представляетъ большія затрудненія для измѣренія длины хвоста и дѣлаетъ эти измѣренія очень неточными. Состояніе воздуха въ данный моментъ, острота зрѣнія наблюдателя, вліяніе луннаго свѣта — всѣ эти условія вносятъ большія неточности при опредѣленіи величины хвоста кометы, не отвѣчающія дѣйствительности. На основаніи ихъ часто кажется, что съ кометами происходятъ внезапныя сильныя измѣненія, которыхъ на самомъ дѣлѣ кометы не испытываютъ. Такъ, напр., длина хвоста большой кометы 1861 года въ моментъ его наибольшаго развитія была опредѣлена приблизительно въ 40 градусовъ, тогда какъ Шмидтъ въ Афинахъ, наблюдая комету при болѣе выгодныхъ условіяхъ, какими были — чистое греческое небо и необыкновенно зоркое зрѣніе наблюдателя иногда могъ прослѣдить хвостъ до 120 градусовъ, т. е. по его наблюденіямъ хвостъ оказывался втрое длиннѣе. Наиболѣе значительной по величинѣ кометой всѣхъ временъ была комета 1680 года, которая и дала поводъ къ приведеннымъ выше пророчествамъ. Ея хвостъ можно было легко прослѣдить до 80 градусовъ. Но самой яркой изъ появлявшихся до сихъ поръ кометъ была безъ сомнѣнія комета 1882 г. Съ нею удивительнымъ образомъ закончилась эра большихъ кометъ, которую представляло наше столѣтіе. Съ того времени до нашихъ дней не появлялось уже большихъ кометъ. Однако и явленіе 1882 г. удалось наблюдать немногимъ, такъ какъ комета появлялась у насъ въ раннія утреннія часы въ концѣ сентября. Ее можно было видѣть тогда на разсвѣтѣ незадолго передъ восходомъ солнца яснѣе, чѣмъ какую либо, изъ

большихъ планетъ въ подобномъ же положеніи. Исторію этой замѣчательнѣйшей изъ всѣхъ кометъ мы изложимъ далѣе подробно.

Кромѣ упомянутыхъ кажущихся измѣненій, хвосты кометъ испытываютъ дѣйствительныя измѣненія и притомъ въ громадной степени. Обыкновенно кометы, имѣя неразличимую для насъ величину, движутся изъ міроваго пространства къ солнцу и въ большинствѣ случаевъ передъ наибольшею близостью къ солнцу онѣ не видимы для невооруженнаго глаза. Въ періодъ наибольшей близости ихъ къ центральному очагу нашей системы,

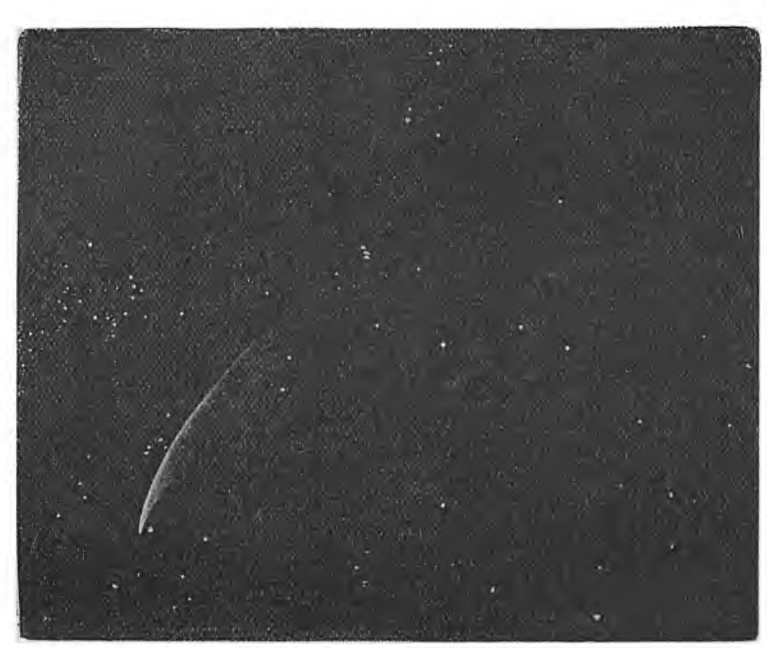


Видимое движеніе и измѣненіе длины хвоста большой кометы 1881 г., по наблюденіямъ Терби въ Лёвенѣ и В. Мейера въ Женевѣ.

онѣ остаются невидимы, такъ какъ появляются на ослѣпительно яркомъ дневномъ небѣ. Но когда затѣмъ онѣ появляются вновь, смотря по характеру своего движенія, въ сумерки или на разсвѣтѣ, то оказывается, что онѣ обладаютъ уже длиннымъ хвостомъ, который въ это время въ большинствѣ случаевъ достигаетъ наибольшей длины. Затѣмъ происходитъ только кажущееся увеличеніе его по мѣрѣ того, какъ комета далѣе и далѣе углубляется въ темное ночное небо. Далѣе хвостъ снова начинаетъ уменьшаться, только гораздо медленнѣе, чѣмъ раньше онъ увеличивался. Отчасти это уменьшеніе есть дѣйствіе перспективы, такъ какъ комета, слѣдуя по своему пути, удаляется отъ насъ въ міровое пространство; однако, въ значительной степени уменьшеніе величины хвоста происходитъ и въ дѣйствительности, какъ несомнѣнно показываютъ вычисленія. Въ концѣ концовъ комета лишается хвоста большей частью впрочемъ уже тогда, когда она исчезнетъ для невооруженнаго глаза. Впрочемъ невозможно установить для кометъ ни одного правила, которое не знало бы исключеній; это значи-

тельно затрудняетъ ихъ изученіе: наблюдались кометы, хвостъ которыхъ развивался послѣ того, какъ онѣ проходили ближайшее положеніе относительно солнца, и яркость которыхъ усиливалась тогда, когда онѣ удалялись отъ насъ и отъ солнца.

Чтобы дать понятіе объ измѣненіи видимой величины хвоста кометы, мы на придыдущей страницѣ изображаемъ большую комету 1881 г., какой она представлялась невооруженному глазу въ періодъ отъ 26 іюня до 18 іюля отчасти въ Лёвенѣ, отчасти въ Женевѣ. Хотя въ сѣверной Германіи она цѣлую ночь оставалась надъ горизонтомъ, однако ея присутствіе не обращало на себя вниманіе, такъ какъ это было какъ разъ въ періодъ бѣлыхъ лѣтнихъ ночей. На рисункѣ комета обозначена пунктиромъ, тамъ, гдѣ положеніе ея хвоста покрыло бы мѣсто, на которомъ комета находилась ранѣе. Истинное разстояніе свѣтила въ данный моментъ указано рядомъ въ милліонахъ километровъ. Сопоставленіе этихъ чиселъ съ величиной хвоста прямо показываетъ, что измѣненія въ размѣрахъ хвоста зависятъ не только отъ измѣненія разстоянія кометы. Быстрое уменьшеніе хвоста между 10 и 12 іюля явилось слѣдствіемъ присутствія луны, которая въ это время свѣтила полнымъ дискомъ, тогда какъ спустя нѣсколько дней комету можно было наблю дать вновь въ вечерніе часы, въ отсутствіи луны. Поэтому хвостъ скоро опять замѣтно увеличился, и затѣмъ сталъ дѣлаться все меньше и меньше. 3 августа въ Женевѣ комета была видна просто глазомъ въ послѣдній разъ, тогда какъ съ десятидюймовымъ рефракторомъ ее можно было наблюдать тамъ же до 19 декабря, а съ двадцати-четырехдюймовымъ въ Кембриджѣ (сѣв. Америка) даже до 14 февраля 1882 г. Хвостъ свой комета утратила совершенно уже въ срединѣ августа, даже для телескопическаго наблюденія.

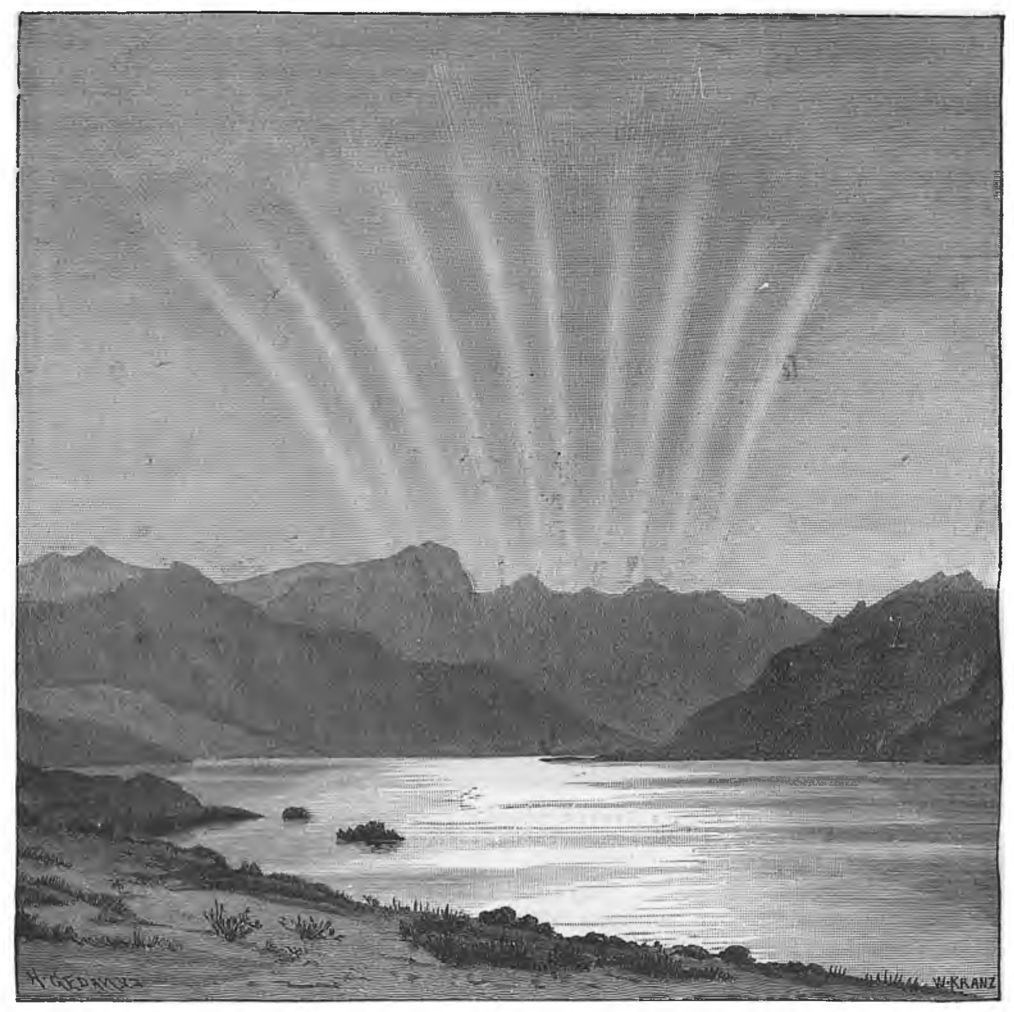


Комета Данати, видѣнная просто глазомъ. По рис. **Бонда** (Кембриджъ, Массачуэтсъ) 5 окт. 1858 г.

Припоминая то, что было сказано въ главѣ о телескопахъ, надо указать, что при опредѣленіи длины хвоста большихъ кометъ этотъ инструментъ не можетъ оказать намъ никакой помощи, потому что тускло мерцающій свѣтъ на концѣ хвоста слишкомъ расплывчатъ, чтобы могъ произвести въ нашемъ глазу свѣтовое впечатлѣніе; самое большее, чѣмъ можно пользоваться, это бинокль, со слабымъ увеличеніемъ, хотя хорошими невооруженными глазами можно всего дальше прослѣдить хвостъ. Совершенно иначе обстоитъ дѣло съ головой кометы, гдѣ свѣтъ какъ бы сгущенъ. Она переноситъ болѣе или менѣе сильное увеличеніе, и поэтому въ телескопъ даетъ больше подробностей, чѣмъ можно видѣть просто глазомъ. Съ этимъ

увеличеніемъ ее можно наблюдать еще долго послѣ того, какъ она перестала быть видимой при другихъ условіяхъ, вслѣдствіе уменьшенія размѣровъ.

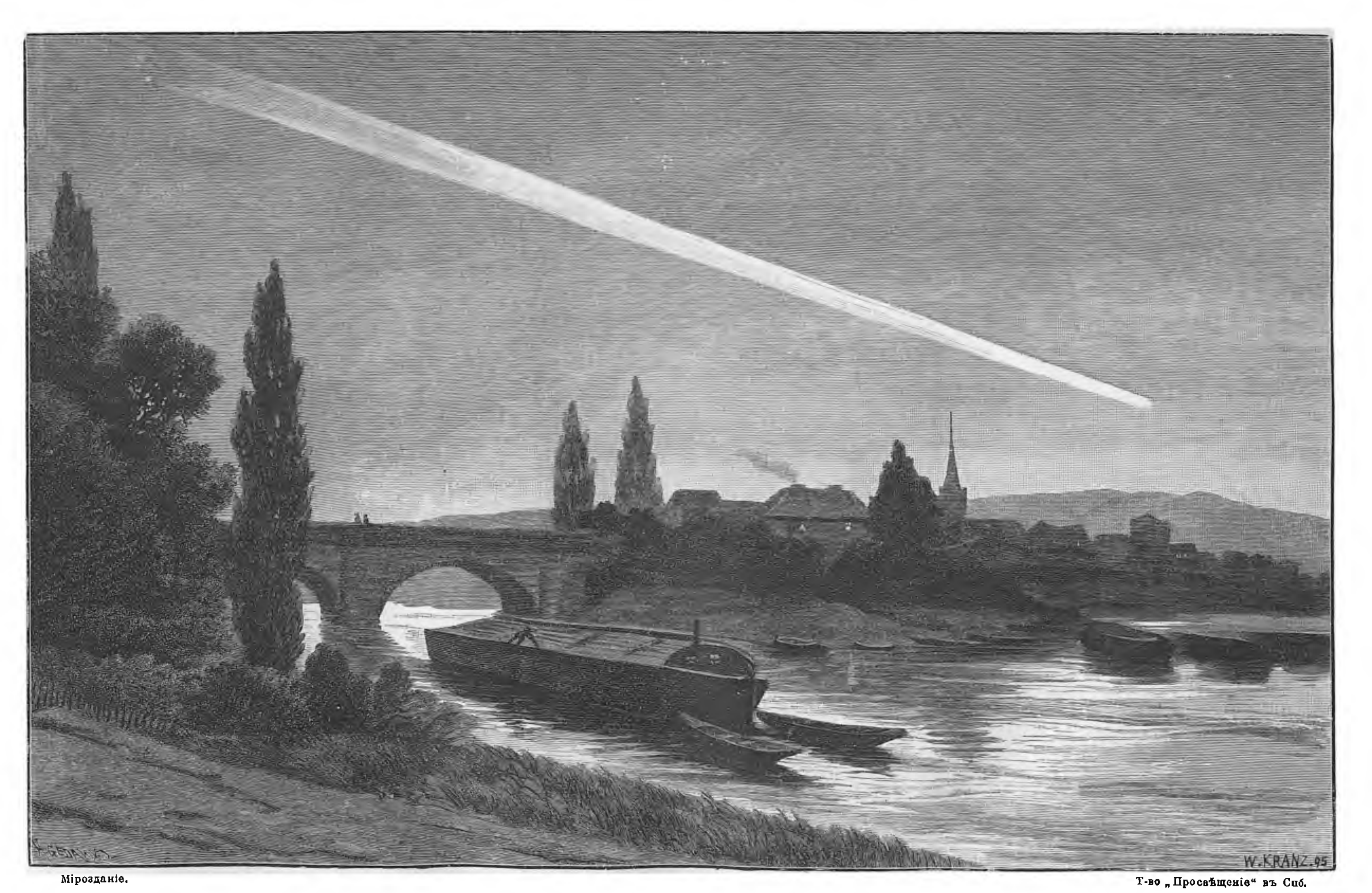
Изъ видимой длины хвоста и его дѣйствительнаго разстоянія отъ насъ можно вычислить его истинную длину. Это вычисленіе даетъ громадныя числа, которыя показываютъ, что кометы — самыя большія изъ



Комета 1744 г. съ пятью хвостами.

всѣхъ небесныхъ тѣлъ, какія мы только вообще можемъ измѣрять. Такъ хвостъ кометы Донати 10 октября 1858 года имѣлъ въ длину 80 милл. клм. Если мы представимъ, что голова кометы находится въ центрѣ солнца, то конецъ ея хвоста будетъ выдаваться за орбиту Меркурія. Гигантская комета 1843 года заняла бы пространство отъ солнца до Марса черезъ орбиту земли; ея хвостъ имѣлъ въ длину 250 милліоновъ километровъ.

Красивую дугу, которую мы представили, какъ типичную для хвоста кометы, имѣютъ однако не всѣ кометы. Иныя изъ нихъ, и именно принадлежащія къ самымъ значительнымъ явленіямъ этого ряда, имѣли совершенно



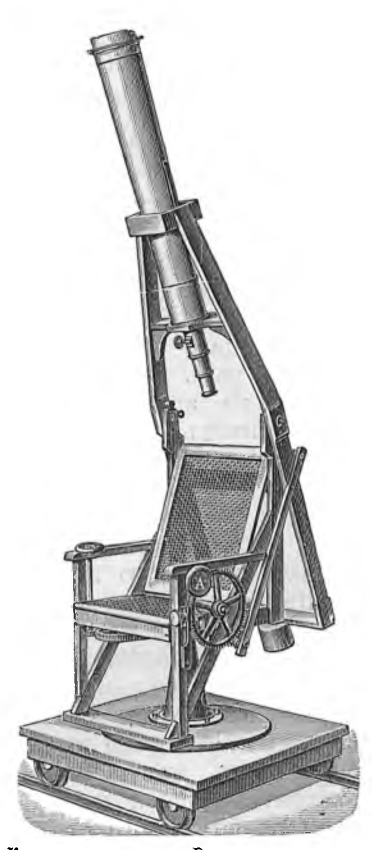
Мірозданіе. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Большая комета 1843 года.

Оригинальный рисунокъ В. Кранца.

прямолинейные хвосты, какъ, напр., комета 1843 г., изображенiе которой представлено на прилагаемомъ ландшафтѣ. Подобные же хвосты, имѣли и кометы 1880 и 1882 гг.; хвосты этихъ кометъ, особенно близко подходившихъ къ солнцу, развились внезапно.

Не мало кометъ имѣютъ больше одного хвоста. Нѣкоторыя имѣютъ два хвоста, изъ нихъ одинъ совершенно прямолинейный, какъ напр. у кометы Донати, упоминавшейся уже нѣсколько разъ, другой же имѣетъ характерный изгибъ въ обратную сторону. Были даже кометы, одинъ хвостъ которыхъ, какъ показываетъ рис. 203, по обыкновенiю былъ обращенъ въ сторону противоположную солнцу, а другой по направленiю къ солнцу. Однако, вѣроятно, здѣсь рѣчь идетъ только о выступахъ, о которыхъ мы будемъ говорить впослѣдствiи. Нѣтъ сомнѣнiя, что нѣкоторыя кометы имѣли нѣсколько хвостовъ; отдѣльные хвосты образовали иногда значительный уголъ между собою. Такъ по рисункамъ современныхъ астрономовъ знаменитая комета 1744 г. представляла пять хвостовъ и имѣла странный видъ, изображенный на стр. 204.



Кометоискатель Репсольда, находящiйся въ Страсбургской обсерваторiи.

Наши свѣдѣнiя о кометахъ, понятнымъ образомъ, существенно пополнятся изученiемъ телескопическихъ явленiй этой категорiи, которыя гораздо болѣе часты, чѣмъ видимыя невооруженнымъ глазомъ, и которыхъ каждый годъ наблюдается нѣсколько новыхъ. Съ тѣхъ поръ, какъ начали, въ особенности въ Америкѣ, разыскивать кометы столь же усердно, какъ и малыя планеты, списки кометъ даютъ въ среднемъ для каждаго года 5—6 новыхъ подобныхъ свѣтилъ. Въ то время, какъ въ лѣтописяхъ всѣхъ временъ и народовъ упоминается всего около 500 кометъ видимыхъ просто глазомъ, — число кометъ, ставшихъ намъ извѣстными исключительно благодаря зрительной трубѣ, только со времени изобрѣтенiя этой послѣдней, значитъ менѣе чѣмъ за три столѣтiя, доходитъ до 300, такъ что круглою цифрой мы знаемъ 800 появленiй кометъ, включая сюда и случаи возвращенiя перiодическихъ свѣтилъ этого рода. Но изъ всего этого числа до 1893 года только 411 наблюдались достаточно хорошо для того, чтобы можно было опредѣлить ихъ истинное движенiе, ихъ путь въ пространствѣ. Наиболѣе полный перечень кометныхъ орбитъ былъ опубликованъ Галле, директоромъ Бреславльской обсерваторiи. Въ качествѣ первой кометы, относительно которой были произведены астрономическiя вычисленiя, въ немъ указана комета, упоминаемая Аристотелемъ подъ 372 г. до Р. Х. Для перiода до изобрѣтенiя зрительной трубы этотъ перечень даетъ всего 54 орбиты; для 17-аго столѣтiя указано 19 орбитъ, до 1799 г. число это составляетъ уже 62, а для нашего столѣтiя до 1893 г., оно достигаетъ цыфры не менѣе 276.

Открытiе кометъ требуетъ, впрочемъ, несмотря на значительное число этихъ небесныхъ тѣлъ, довольно большого терпѣнiя. Деннингъ, одинъ изъ наиболѣе искусныхъ и счастливыхъ „охотниковъ за кометами“ новаго

времени, разсказываетъ. что онъ на разысканіи каждой изъ 5 имъ открытыхъ кометъ употребилъ около 120 часовъ. Разыскиваніе кометъ производится большею частью при помощи спеціально для этой цѣли приспособленныхъ зрительныхъ трубъ, такъ называемыхъ кометоискателей, соединяющихъ съ большою яркостью изображенія большое поле зрѣнія, что нерѣдко достигается на счетъ правильности очертаній у края поля зрѣнія или на счетъ полнаго ахроматизма. Далѣе, кометоискатель долженъ легко передвигаться, вслѣдствіе чего онъ не можетъ быть отягощенъ разными приспособленіями, которыя въ другихъ астрономическихъ зрительныхъ трубахъ служатъ для установки ихъ на опредѣленную точку небеснаго свода или для производства измѣреній. Нашъ рисунокъ изображаетъ т. н. кометное кресло Страсбургской обсерваторіи, которое даетъ возможность наблюдателю обозрѣть при помощи инструмента весь небесный сводъ, не вставая съ мѣста. Деннингъ пользуется для разыскиванія кометъ астрономическимъ рефлекторомъ съ 10—дюймовымъ отверстіемъ и весьма короткимъ фокуснымъ разстояніемъ, при помощи котораго онъ, при обычномъ 40—кратномъ увеличеніи, можетъ сразу обозрѣвать, приблизительно, одинъ квадратный градусъ небеснаго свода.

Самое разыскиваніе производится въ безлунную ночь такимъ образомъ, что сначала наблюдатель, осторожно и систематически обозрѣваетъ небесный сводъ до тѣхъ поръ, пока не замѣтитъ подозрительнаго, т. е. напоминающаго комету объекта. Это случается сравнительно часто,—нѣсколько разъ въ теченіе ночи, потому что, какъ мы увидимъ значительно позже, на звѣздномъ небѣ находится нѣсколько тысячъ т. н. туманныхъ пятенъ, которыя, несмотря на внѣшнее сходство съ кометами, настолько же отличаются отъ нихъ, насколько неподвижныя звѣзды отличаются отъ малыхъ планетъ. Туманныя пятна сохраняютъ свое относительное положеніе на небесномъ сводѣ, тогда какъ кометы движутся. Теперь, если наблюдатель не можетъ сразу признать въ замѣченномъ имъ объектѣ подобную туманность, въ такомъ случаѣ онъ отмѣчаетъ его мѣсто на приготовленной заранѣе картѣ звѣзднаго неба, опредѣляетъ, такимъ путемъ, приблизительное его положеніе между извѣстными звѣздами и справляется, затѣмъ, въ спискахъ туманностей, не значится ли тамъ этотъ объектъ, что большею частью дѣйствительно и бываетъ. Если же наблюдателю въ самомъ дѣлѣ посчастливилось найти новое свѣтило, въ такомъ случаѣ необходимо выждать нѣкоторое время, нерѣдко около часа, чтобы опредѣлить, измѣняетъ-ли новооткрытое небесное свѣтило свое положеніе относительно неподвижныхъ звѣздъ. Нѣтъ этого движенія,—значитъ найдена новая туманность, что, обыкновенно, не представляетъ особенно большого значенія. Въ противномъ случаѣ нужно признать, что дѣйствительно открыта новая комета. Далѣе, эта послѣдняя отыскивается и наблюдается въ телескопъ, снабженный измѣрительными приборами для точнаго опредѣленія положенія на небесномъ сводѣ, и, наконецъ, когда положеніе кометы опредѣлено, о немъ посылается условленная между астрономами всѣхъ частей свѣта, сокращенная шифрованная телеграмма въ центральное учрежденіе для астрономическихъ телеграммъ въ Килѣ, а это послѣднее немедленно сообщаетъ объ открытіи во всѣ концы свѣта. Такая организація международныхъ астрономическихъ сообщеній на самомъ дѣлѣ представляется вполнѣ достигающей своей цѣли. Если, предположимъ, на какой-либо благоустроенной обсерваторіи той или другой части свѣта сегодня сдѣлано нѣкоторое важное открытіе, то на слѣдующій день всѣ остальныя обсерваторіи, вносящія ежегодно сравнительно небольшую сумму на покрытіе издержекъ, знаютъ уже все необходимое объ этомъ открытіи и могутъ, напримѣръ, тотчасъ и безъ всякаго труда найти новооткрытую комету, если только находящіеся въ нихъ телескопы обладаютъ достаточной для того

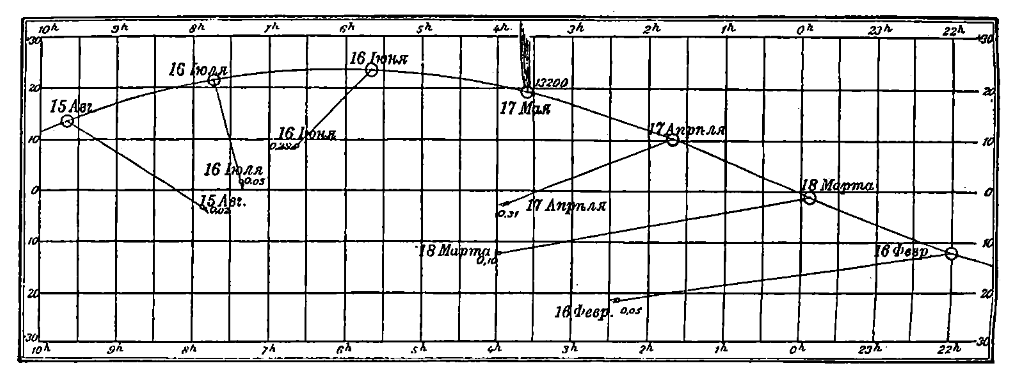
оптической силой. Не будь подобной организаціи, — относительно многихъ важныхъ кометныхъ явленій нельзя было бы произвести достаточныхъ наблюденій, и, такимъ образомъ, тотчасъ послѣ открытія они снова исчезли бы безслѣдно. Въ самомъ дѣлѣ, въ мѣстѣ открытія производство наблюденій могло бы въ теченіе долгаго времени оказаться невозможнымъ вслѣдствіе дурной погоды, а между тѣмъ, пока письменное сообщеніе о немъ дошло бы въ другое мѣсто, комета, дальнѣйшее движеніе которой еще не было опредѣлено путемъ вычисленій, могла бы ускользнуть отъ наблюдателей.

Въ послѣднее время нерѣдко бывали случаи, когда изъ телеграфныхъ сообщеній оказывалось, что одна изъ кометъ, открытыхъ въ Европѣ, за нѣсколько часовъ передъ тѣмъ наблюдалась уже въ другой части свѣта, обыкновенно кѣмъ-либо изъ многочисленныхъ искателей кометъ въ Америкѣ. Въ такомъ случаѣ весь трудъ европейца оказывался потраченнымъ совершенно напрасно; онъ долженъ отказаться отъ преміи, назначенной различными учеными Обществами за открытіе кометы. Если новооткрытая комета принадлежитъ къ числу кометъ обыкновеннаго рода, которыя, двигаясь по параболической орбитѣ, только однажды посѣщаютъ солнечную систему, то она означается годомъ, соотвѣтствующимъ времени ея наибольшаго приближенія къ солнцу, при чемъ, въ случаѣ нѣсколькихъ явленій за одинъ и тотъ же годъ, къ цыфрѣ года присоединяются по порядку римскія числа; такимъ образомъ говорятъ о кометѣ 1881 III или 1890 VII. Но если изъ вычисленій оказывается, что новая комета принадлежитъ къ небольшой группѣ тѣхъ кометъ, которыя періодически, черезъ небольшіе, сравнительно, промежутки времени, возвращаются къ солнцу, то она получаетъ имя открывшаго ее лица, которое, затѣмъ, и остается за нею при всѣхъ позднѣйшихъ ея возвращеніяхъ.

Тѣ, приблизительно 800, кометъ, которыя намъ извѣстны, составляютъ, понятно лишь ничтожную часть всего, несомнѣнно огромнаго числа этихъ рѣдкихъ свѣтилъ, носящихся въ міровомъ пространствѣ. Дѣло въ томъ, что кометы, вслѣдствіе слабости своего блеска, увеличивающейся по мѣрѣ удаленія ихъ отъ солнца, могутъ быть наблюдаемы, въ видѣ общаго правила, лишь тогда, когда онѣ проходятъ отъ насъ на разстояніи, не превышающемъ двойного разстоянія земли отъ солнца. При этомъ время, въ теченіе котораго онѣ бываютъ видимы, рѣдко превышаетъ нѣсколько мѣсяцевъ. Совершенно исключительной въ этомъ отношеніи представляется комета 1889 I, которая, будучи открыта 2-го сентября 1888 г. Бернердомъ въ Ликской обсерваторіи, могла быть затѣмъ наблюдаема съ перерывами, обусловливавшимися видимымъ годичнымъ движеніемъ солнца, въ теченіе 971 дня, до 1-го мая 1891, когда ее видѣлъ въ послѣдній разъ Шпитисъ въ Вѣнѣ. Эта комета, не отличавшаяся особенной яркостью ни въ одинъ изъ моментовъ ея наблюденія, хотя во время наибольшаго приближенія къ солнцу и могла быть видима просто глазомъ, находилась въ тотъ моментъ, когда ее видѣли въ послѣдній разъ, въ такомъ удаленіи отъ земли, въ какомъ не наблюдалась ни одна другая комета, именно въ удаленіи, равномъ 8,2 разстояніямъ земли отъ солнца, значитъ между орбитами Юпитера и Сатурна и, притомъ, гораздо ближе къ послѣднему, чѣмъ къ первому. Нѣтъ никакого основанія предполагать, чтобы существовало особенно много кометъ, наименьшее разстояніе которыхъ отъ солнца (перигелій) лежитъ въ предѣлахъ того пространства, на которомъ мы можемъ еще различать свѣтила этого рода при помощи нашихъ зрительныхъ трубъ; напротивъ, въ виду того, что сфера дѣйствія солнца идетъ далеко за предѣлы этого пространства, нужно допустить, что несравненно больше такихъ кометъ, которыя, находясь въ нашей солнечной системѣ, остаются совершенно невидимы для насъ. Клейберъ, преждевременно умершій петербург-

скій ученый *), посредствомъ разсчета, основаннаго на теоріи вѣроятностей, и пользуясь статистическими данными о наблюдавшихся кометахъ, нашелъ, что въ предѣлахъ орбиты Нептуна одновременно находится не менѣе 5,900 свѣтилъ этого рода, и что каждый годъ 240 кометъ вступаетъ въ эти предѣлы и выходитъ изъ нихъ. Это составитъ для 2,000 лѣтъ нашего лѣтосчисленія четверть милліона кометъ, прошедшихъ черезъ нашу солнечную систему! Значитъ правду сказалъ Кеплеръ, утверждая, что кометъ на небѣ столько же, сколько рыбъ въ океанѣ.

Клейберъ нашелъ также, что изъ числа этихъ многочисленныхъ кометъ каждые 72 года одна должна описывать орбиту, вызывающую неизбѣжное паденіе кометы на солнце. Мы увидимъ дальше (см. стр. 218), что подобный исключительный случай, правда, еще ни разу не наблюдался, но что, съ другой стороны, было довольно много кометъ, которыя, весьма сильно приблизившись къ солнцу, совершенно невредимо пронеслись мимо этого раскаленнаго дневнаго свѣтила. Какъ разъ среди кометъ съ подоб-



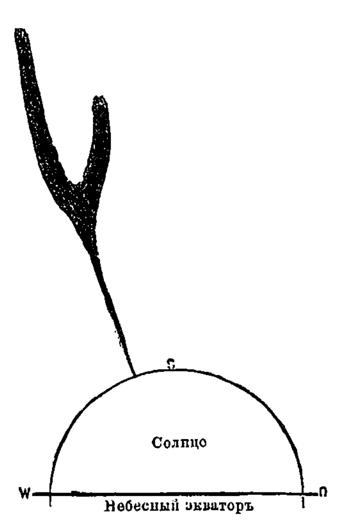
Орбита одной невидимой кометы. Маленькіе кружки указываютъ мѣсто солнца въ обозначенные рядомъ съ ними моменты времени. Возлѣ точекъ положенія воображаемой кометы, соединенныхъ съ кружками прямыми линіями, указаны теоретическія величины ея яркости.

ными орбитами замѣчается довольно много, какъ доказалъ Голечекъ, такихъ, которыя, несмотря на столь значительное приближеніе къ солнцу, даже если бы онѣ при этомъ развили совершенно исключительныхъ размѣровъ хвосты, должны оставаться все время невидимы для насъ, такъ какъ постоянно находятся на освѣщенномъ солнцемъ небесномъ сводѣ. Дѣло въ томъ, что при столь незначительномъ разстояніи перигелія — такъ называется разстояніе того или другого свѣтила отъ солнца во время наибольшаго къ нему приближенія — параболическія орбиты подобнаго рода небесныхъ свѣтилъ необходимо должны образовывать около солнца весьма большую кривизну; но въ такомъ случаѣ соотвѣтствующія тѣла, нерѣдко уже нѣсколько часовъ спустя послѣ ихъ приближенія, должны снова мчаться въ міровое пространство приблизительно въ томъ же направленіи, по которому они пришли изъ него. И вотъ, если какая-нибудь комета подойдетъ къ солнцу изъ того или другого мѣста освѣщеннаго небеснаго свода, то, послѣ прохожденія черезъ перигелій, она немедленно возвращается обратно, въ ту же сторону, и даже ея хвостъ, обращенный въ сторону, противоположную солнцу какъ бы онъ ни былъ длиненъ, останется невидимъ. Прилагаемый рисунокъ даетъ наглядное поясненіе этого. Однако, въ году бываетъ нѣсколько минутъ, когда для узкой полосы земли темнѣетъ даже

*) Покойный Іосифъ Андреевичъ Клейберъ былъ приватъ-доцентомъ Императорскаго С.-Петербургскаго Университета; онъ стяжалъ себѣ славу весьма талантливыми и разносторонними изслѣдованіями въ области Астрономіи. *С. Глазенапъ.*

освѣщенный солнцемъ небесный сводъ, и въ это время для астрономовъ представляется случай обозрѣть прилегающую къ солнцу часть неба съ цѣлью узнать, нѣтъ ли тамъ подозрительныхъ объектовъ подобнаго рода, столь удивительнымъ образомъ скрывающихся въ черезчуръ яркомъ освѣщеніи. Это бываетъ во время полныхъ солнечныхъ затменій. Но въ теченіе этихъ драгоцѣнныхъ минутъ астрономамъ, предпринимающимъ нерѣдко далекія путешествія для наблюденія солнечнаго затменія, необходимо сдѣлать много болѣе важнаго, чѣмъ разыскиваніе находящихся, быть можетъ, вблизи солнца кометъ.

Съ другой стороны, въ настоящее время большую пользу можетъ принести фотографія, и уже, благодаря ей, при двухъ солнечныхъ затменіяхъ было получено на фотографическихъ пластинкахъ свѣтовое изображеніе, которое, по своему положенію и формѣ, скорѣе всего было вызвано существованіемъ въ соотвѣтствующемъ мѣстѣ неба нѣкоторой кометы. Первый изъ этихъ случаевъ имѣлъ мѣсто во время затменія, наблюдавшагося 16-го мая 1882 г. въ Египтѣ; открытая комета была названа кометою Хедива. Ея появленіе было обусловлено движеніемъ по орбитѣ, подобной изображенному на стр. 208 идеальному пути невидимой кометы; относительно же дальнѣйшаго ея теченія были сдѣланы нѣкоторыя предположенія, о которыхъ, впрочемъ, здѣсь не мѣсто распространяться. Второе кометоподобное изображеніе было обнаружено Гольденомъ на пластинкахъ, давшихъ снимокъ прилегающей къ солнцу части неба во время наблюдавшагося 16-го апрѣля 1893 г. въ Южной Америкѣ полнаго солнечнаго затменія. Общій видъ этого явленія, воспроизведенный по пластинкамъ, даетъ прилагаемый рисунокъ. Такъ какъ ни прежде, ни послѣ того не было открыто ни одной кометы, которая могла бы занимать въ то время соотвѣтствующее мѣсто вблизи солнца, то остается, очевидно, сдѣлать предположеніе, что дѣйствительно удалось обнаружить слѣды такого рода кометныхъ свѣтилъ, которыя въ другое время всегда скрыты въ солнечныхъ лучахъ. Впрочемъ, нѣтъ ничего невозможнаго и въ такомъ предположеніи, что въ упомянутыхъ случаяхъ мы имѣли дѣло съ кометами, которыя, какими бы ни представлялись ихъ орбиты, въ остальныхъ частяхъ своихъ орбитъ были, однако, настолько малы, что мы не могли ихъ болѣе видѣть. Что такія невидимыя тѣла, сильно приблизившись къ солнцу, могутъ внезапно и лишь на короткое время пріобрѣсти необыкновенную напряженность блеска, позволяющую легко обнаружить ихъ даже въ сумеркахъ солнечнаго затменія, это вполнѣ возможно.



Кометоподобный объектъ, обнаруженный Гольденомъ на фотографическомъ снимкѣ, сдѣланномъ во время солнечнаго затменія 16-го апрѣля 1893 года.

Примѣненіе къ изученію кометъ могучихъ средствъ астрономическаго телескопа выясняетъ массу подробностей, которыя на первыхъ порахъ ставятъ насъ въ тупикъ, но подведеніе которыхъ подъ извѣстныя общія начала въ скоромъ времени должно освѣтить таинственный мракъ неизвѣстности, окружающій эти странныя небесныя свѣтила. Такъ, прежде всего мы узнаемъ, что расчлененіе кометы на голову и хвостъ, къ которому мы до сихъ поръ прибѣгали, нуждается въ исправленіи, такъ какъ телескопическія кометы, почти безъ исключенія, вовсе не имѣютъ хвоста. Значительно большая часть кометъ, ставшихъ извѣстными благодаря телескопу, представляется въ видѣ кругловатой туманной массы съ увеличивающимся

къ срединѣ сгущеніемъ свѣта, которое часто имѣетъ видъ рѣзко ограниченной звѣзды, но нерѣдко также, остается совершенно неопредѣленнымъ. Подобную же картину представляютъ вначалѣ и такія свѣтила этого рода, которыя затѣмъ, по мѣрѣ ихъ приближенія къ солнцу, развиваютъ нерѣдко даже и очень большіе хвосты. Туманная оболочка, однако, всегда присуща кометамъ, и потому ее нужно разсматривать, какъ нѣчто постоян-



Комета Гольмса (вблизи большой туманности Андромеды), сфотографированная Э. **Бернердомъ** на Ликской обсерваторіи 8-го ноября 1892 г.

ное, какъ самую комету. Болѣе свѣтлая часть, заключенная въ туманной оболочкѣ, называется ядромъ кометы. Она также, повидимому, присуща всѣмъ этимъ небеснымъ тѣламъ и только у нѣкоторыхъ изъ нихъ скрыта въ густой туманной оболочкѣ, называемой также космой (coma). Помѣщенное на этой стр. воспроизведеніе превосходнаго фотографическаго снимка кометы Гольмса или 1892 III даетъ приблизительно такую же картину, какую, большею частью, представляютъ вначалѣ телескопическія кометы. Снимокъ былъ полученъ Бернердомъ въ Ликской обсерваторіи 8-го ноября 1892 г. путемъ трехчасовой экспозиціи; комету изображаетъ находящееся у нижняго края снимка туманное пятно. Справа вверху помѣщается изо-

браженіе туманности Андромеды, вблизи которой комета и была открыта за два дня передъ тѣмъ. Туманность Андромеды видима просто глазомъ, точно также какъ была видима просто глазомъ около этого времени и комета, что привело къ весьма важнымъ выводамъ, къ которымъ мы позже вернемся. Мелкія свѣтлыя точки, покрывающія рисунокъ, объясняются присутствіемъ въ этомъ мѣстѣ неба весьма многочисленныхъ неподвижныхъ звѣздъ. Внимательно приглядѣвшись къ нимъ, мы можемъ убѣдиться, что онѣ совершенно не похожи на точки или кружки, а напротивъ представляются нѣсколько вытянутыми сверху внизъ. Объясняется это перемѣщеніемъ пластинки въ зависимости отъ движенія кометы; въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ во время экспонированія необходимо непрерывно передвигать телескопъ при помощи точныхъ винтовъ для того, чтобы изображеніе кометы постоянно приходилось на одно и то же мѣсто пластинки, то понятно, что изображенія всѣхъ неподвижныхъ звѣздъ должны смѣщаться на ней. На прилагаемомъ здѣсь фотографическомъ снимкѣ кометы, это видно еще яснѣе, такъ какъ на немъ звѣзды представляются въ видѣ длинныхъ черточекъ. Нужно, однако, замѣтить, что комета Гольмса имѣла въ то время едва замѣтное видимое движеніе, вслѣдствіе чего предполагали даже, что она движется прямо на насъ (см. также стр. 214).



Комета Геля, снимокъ Э. **Бернерда** 5-го мая 1894 г. Ср. текстъ, стр. 211.

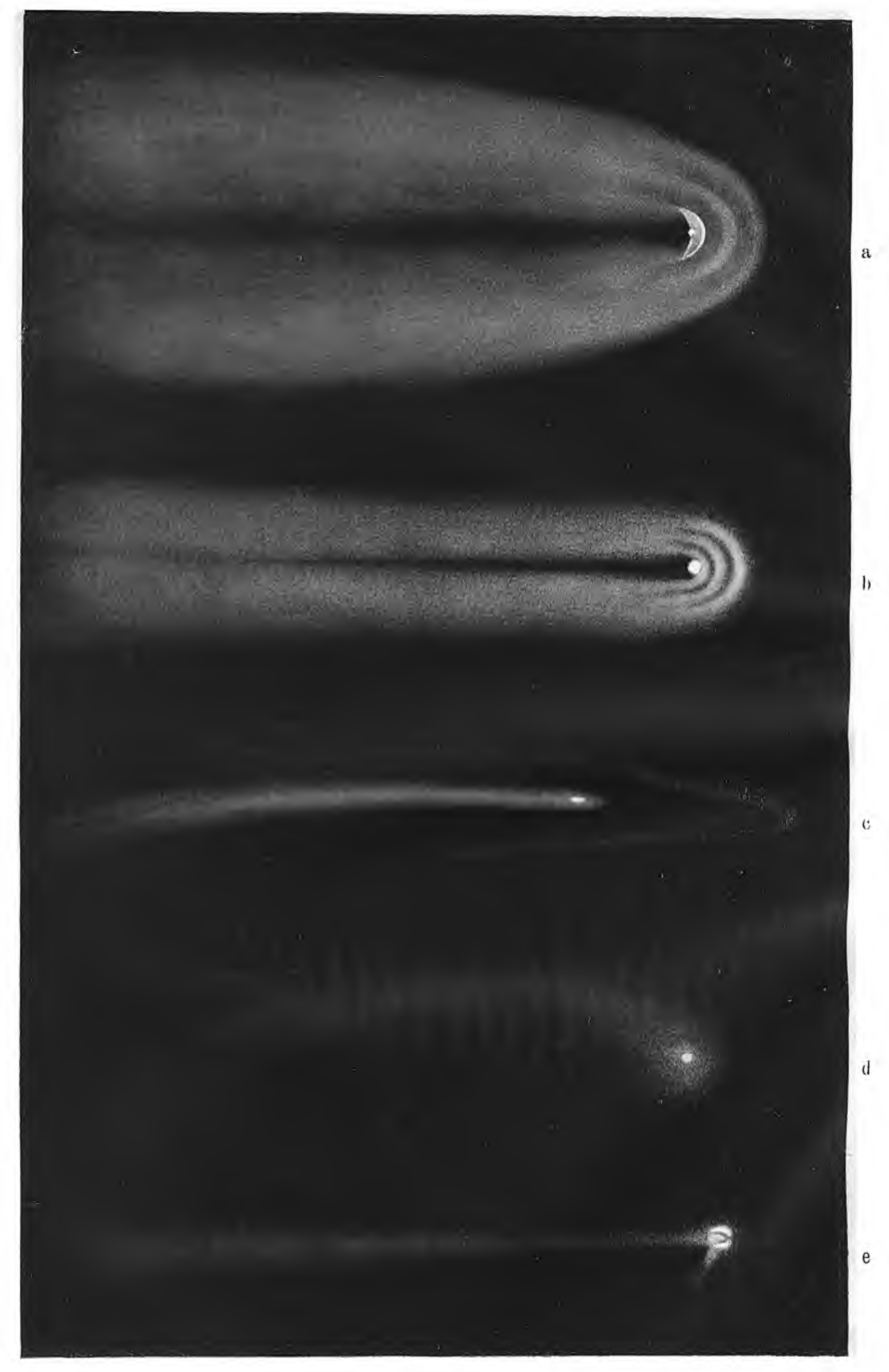
По мѣрѣ приближенія къ солнцу подобной телескопической кометы, внутри ея происходятъ замѣтныя и притомъ все усиливающіяся измѣненія. Туманная масса, сначала незамѣтно сливающаяся съ темнымъ фономъ неба, получаетъ болѣе рѣзкія очертанія; она дѣлается свѣтлѣе, сгущается по рединѣ въ ясно выступающее ядро и нерѣдко, что особенно достойно вниманія, становится меньше, чѣмъ прежде, и это совершенно независимо отъ кажущагося только измѣненія ея размѣровъ, обусловливаемаго измѣненіемъ разстоянія. Часто также туманная оболочка вытягивается по направленію къ солнцу, такъ что форма ея, вмѣсто прежней круглой, становится эллиптической. У большинства кометъ, остающихся все время телескопическими, не наблюдается болѣе никакихъ дальнѣйшихъ особенностей; когда онѣ снова начинаютъ удаляться отъ солнца, то описанныя явленія повторяются въ обратномъ порядкѣ. Въ нѣкоторыхъ, не особенно частыхъ случаяхъ изъ оболочки развивается также обыкновенно очень узкій хвостъ, какъ напр. у кометы Геля (Gale) 1894 г., фотографическій снимокъ которой, полученный опять-таки Бернердомъ, воспроизведенъ на настоящей страницѣ.

Тѣ кометы, которыя, приблизившись къ солнцу, развиваютъ значительныхъ размѣровъ хвостъ, большею частью имѣютъ такой видъ, какъ будто изъ ядра вырывается свѣтящаяся масса, первоначально только со стороны, обращенной къ солнцу, направляясь, такимъ образомъ, къ послѣднему. Всегда, однако, въ подобныхъ случаяхъ эта, выбрасываемая ядромъ,

струя кометной матеріи, на извѣстномъ разстояніи отъ него, загибается назадъ и затѣмъ, нерѣдко падая въ видѣ фонтана по обѣ стороны ядра, тянется далеко позади послѣдняго, имѣя направленіе параболической кривой и образуя при этомъ хвостъ, обращенный въ сторону противоположную солнцу. Образующаяся такимъ образомъ впереди кометы оболочка называется ея придаткомъ. Наши изображенія кометы Галлея при ея повторномъ появленіи въ 1835 г. (таблица II, при стр, 224, фиг. a), срисованной Швабе 15 октября названнаго года, и кометы 1881 III, набросокъ которой былъ сдѣланъ Тюри 26 іюня при помощи 10-дюймоваго телескопа въ Жежвѣ (таблица II, фиг. c), могутъ наглядно пояснить это явленіе извергающейся струи свѣта съ развивающимися изъ нея хохломъ и хвостовымъ придаткомъ.

Вырывающаяся изъ ядра струя свѣтящейся матеріи не всегда, однако, сохраняетъ первоначально принятое ею направленіе; напротивъ, у нѣкоторыхъ кометъ, напр. у Галлеевой въ 1835 г., эта струя замѣтно уклонялась подобно маятнику то въ ту, то въ другую сторону отъ направленія радіуса вектора, тогда какъ у другихъ число выбрасываемыхъ ядромъ пучковъ свѣта постепенно увеличивалось, при чемъ они нерѣдко имѣли различное направленіе. Въ соотвѣтствіи съ числомъ выброшенныхъ ядромъ струй свѣта, кометы эти имѣли нѣсколько придатковъ, наслаивавшихся другъ на друга въ томъ случаѣ, если упомянутыя струи вырывались послѣдовательно въ одномъ направленіи. Такъ, на приложенныхъ нами таблицахъ видно, что у кометы 1881 III, имѣвшей 26-го іюня (таблица II фиг. c). только одинъ придатокъ, 27-го (фиг. d) ихъ было два, а 28-го (фиг. e) три. Весьма красивы были эти, наслоившіеся другъ на друга, придатки и у часто упоминаемой кометы Донати, какъ это можно видѣть на превосходномъ рисункѣ Бонда (таблица I фиг. a), а также у кометы Коджіа (Coggia) 1874 г. (таблица I, фиг. b). Если придатки тянутся отъ ядра очень далеко въ направленіи къ солнцу и, не смотря на это, все же остаются достаточно яркими, въ такомъ случаѣ при наблюденіи ихъ просто глазомъ, они могутъ показаться обращеннымъ къ солнцу хвостомъ кометы. Нужно также замѣтить, что придатки не всегда располагаются концентрически одинъ относительно другого; если при неконцентрическомъ положеніи каждый развиваетъ особый хвостъ, то эти послѣдніе могутъ принять различное направленіе, такъ что у кометы получится нѣсколько хвостовъ. Весьма своеобразную картину представляла въ этомъ отношеніи большая сентябрская комета 1882 г., одинъ придатокъ которой вмѣстѣ со своимъ хвостомъ настолько далеко выдвинулся впредь, что можно было ясно видѣть, какъ одинъ хвостъ помѣщался въ другомъ, и, такимъ образомъ, казалось, будто появилось двѣ кометы, изъ которыхъ одна заключена въ другой. Весьма характерное изображеніе этой кометы вмѣстѣ съ ея свѣтовою оболочкой воспроизведено на таблицѣ I (фиг. c) при стр. 212; оно было получено въ обсерваторіи въ Ниццѣ 16 октября 1882 г. Толономъ (Thollon) и Гуи (Gouy).

Если, такимъ образомъ, въ данномъ случаѣ обѣ части этой кометы оставались сравнительно близко одна къ другой, такъ что въ цѣломъ производили впечатлѣніе одной кометы, то, напротивъ, остальныя части ея совершенно отдѣлились одна отъ другой. Она буквально раздробилась. Въ другомъ извѣстномъ случаѣ, у кометы Біэла, къ которой намъ еще не разъ придется возвращаться, раздвоеніе было настолько полное, что рядомъ съ первоначальнымъ свѣтиломъ явилось другое, почти тожественное съ нимъ по своему внѣшнему виду, только поменьше (см. рисунокъ Струве отъ 19 февраля 1846 г., таблица II, фиг. g). Въ то время разстояніе между ними равнялось, приблизительно, 310000 км. или 24 земнымъ діаметрамъ, а когда черезъ шесть лѣтъ послѣ этого, совершивши вмѣстѣ полный оборотъ около солнца, они снова явились въ томъ же раздвоенномъ видѣ, то разстояніе



Мірозданіе. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ЯРКІЯ КОМЕТЫ СЪ ХВОСТАМИ.

Яркія кометы съ хвостами.

a. Комета Донати, по рисунку Бонда въ Кембриджѣ (Сѣв.-Ам.), 29 сент. 1858 г.

b. Комета Коджіа (1874 III), по рисунку Трувело въ Кембриджѣ (Сѣв.-Ам.), 13 іюля 1874 г.

c. Большая сентябрьская комета 1882 г., съ туманной трубкой, по рисунку Толлона и Гуи (Gouy) въ Ниццѣ, 16 окт. 1882 г.

d. Комета Ольберса, по рисунку Р. Шпиталера въ Вѣнѣ, 23 окт. 1887 г.

e. Комета Саверталя, по рисунку Р. Шпиталера въ Вѣнѣ, 7 апр. 1888 г.

между ними превосходило уже прежнее болѣе, чѣмъ въ 9 разъ, составляя около 205 земныхъ діаметровъ. Такое раздвоеніе кометы отнюдь не представляется исключительнымъ: въ 1860 г. Ліэ открылъ подобную же, изъ двухъ туманныхъ массъ состоящую, малую комету, которую, къ сожалѣнію, нельзя было далѣе наблюдать, и вообще кажется, что нѣкоторыя извѣстія, дошедшія къ намъ отъ древнихъ временъ, могутъ быть объяснены аналогичными катастрофами, имѣвшими своимъ послѣдствіемъ раздробленіе большаго небеснаго свѣтила.

Что дѣйствительно иногда происходятъ величественныя перемѣщенія кометнаго вещества, это доказала замѣчательная комета 1882 г. и нѣкоторыя другія кометы, ядра которыхъ, такъ сказать, раскололись на нѣсколько свѣтлыхъ точекъ или пятенъ, хотя нельзя было при этомъ открыть никакой внѣшней тому причины. Въ самомъ дѣлѣ, подобное раздробленіе не всегда происходитъ во время наибольшаго приближенія кометъ къ солнцу, когда, конечно, такое дѣйствіе можно было бы приписать весьма сильному и въ достаточной мѣрѣ внезапному нагрѣванію. Постоянное раздѣленіе кометы на многія самостоятельныя части было, между прочимъ, наблюдаемо и вскорѣ послѣ изобрѣтенія телескопа на кометномъ явленіи, имѣвшемъ мѣсто въ 1618 г.

На подобныя внутреннія измѣненія огромныхъ размѣровъ указываютъ также внезапныя колебанія блеска, наблюдавшіяся въ послѣднее время у различныхъ свѣтилъ этого рода. Въ первый разъ такое явленіе, притомъ поразительнаго свойства, было замѣчено въ 1883 и 1884 г. на періодической кометѣ Понсъ-Брукса; на него указалъ, между прочимъ, Мюллеръ въ Потсдамѣ. При этомъ наблюдали, что ядро кометы попеременно то расширялось, то сжималось, такъ сказать, происходила усиленная пульсація. Несравненно рѣзче проявились подобныя свѣтовыя колебанія у кометы Саверталя (см. приложенную кометную таблицу I, фиг. е) или 1888 I. Свѣтило это, открытое просто глазомъ 18-го февраля названнаго года на мысѣ Доброй Надежды, имѣло въ это время короткій двойной хвостъ приблизительно въ 2 градуса длины и представляло картину, воспроизведенную на нашемъ рисункѣ по Спиталеру. Въ то время, когда эта комета, соотвѣтственно своему теченію, становилась все слабѣе и слабѣе, а ядро ея, при этомъ, поразительно вытянулось въ длину и затѣмъ раздѣлилось на три части, она вдругъ засіяла яркимъ желтымъ свѣтомъ, такъ что Францъ въ Кенигсбергѣ принялъ ее за неподвижную звѣзду, будто бы воспламенившуюся на небесномъ сводѣ, такъ какъ въ спискахъ звѣздъ въ этомъ мѣстѣ не значилось звѣзды подобной яркости. Въ сильные же телескопы въ это время были видны два большихъ пучка свѣта, исходившихъ изъ ядра. Общая яркость ея возрасла на $3^1/_2$ класса, что соотвѣтствуетъ 25-кратному увеличенію блеска. Такимъ образомъ въ этомъ случаѣ могучее явленіе внезапнаго истеченія свѣтящейся матеріи изъ ядра, обыкновенно наблюдаемое только при большомъ приближеніи къ солнцу, послѣдовало вторично въ такой части орбиты этой кометы, которая была уже весьма удалена отъ солнца. Аналогичными представлялись явленія, наблюдавшіяся у кометы Гольмса 1892 г., изученіе орбиты которой показало, что въ теченіи трехъ мѣсяцевъ передъ тѣмъ, какъ она была открыта, она должна была находиться въ такихъ областяхъ небеснаго свода, гдѣ никоимъ образомъ не могла бы ускользнуть отъ вниманія астрономовъ, если бы имѣла уже въ то время приблизительно такую же яркость, какъ въ день открытія. При нормальныхъ условіяхъ, яркость свѣта этой кометы, удалявшейся отъ солнца со средины іюня (въ первый разъ она была замѣчена 6 ноября), должна была бы ослабѣвать уже въ теченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ. Дѣло въ томъ, что въ послѣднія недѣли передъ своимъ открытіемъ, комета Гольмса проектировалась вблизи большой туманности Андромеды, которую около этого времени наблю-

дали, навѣрно, сотни любителей астрономіи, и они, конечно, замѣтили бы при этомъ, подозрительный объектъ. И вдругъ эта комета сразу стала видимой просто глазомъ. И чѣмъ далѣе, тѣмъ она становилась еще ярче. Такъ какъ первыя вычисленія орбиты этого небеснаго свѣтила привели къ заключенію, что оно движется почти но прямой линіи, направленной на насъ, и такъ какъ изслѣдователю приходилось рѣшить, происходитъ ли по этой линіи самое движеніе въ нашу сторону, или наоборотъ, въ сторону противоположную, то въ виду постояннаго возрастанія яркости кометы, высказались за первое предположеніе. Этотъ случай надѣлалъ не мало переполоха, въ особенности въ Америкѣ. Однако, такъ какъ дальнѣйшія математическія вычисленія не оставили никакого сомнѣнія насчетъ того, что комета давно прошла черезъ перигелій и уже удалялась отъ насъ, то пришлось и въ этомъ случаѣ признать анормальное колебаніе ея свѣта. Новое колебаніе своего блеска комета обнаружила въ срединѣ января 1893 г. Пализа въ Вѣнѣ около этого времени не видѣлъ уже нашей кометы въ ея обычномъ видѣ; напротивъ, какъ это раньше произошло съ кометой Саверталя, онъ нашелъ на ея мѣстѣ яркую желтую звѣзду, окруженную легкой туманной оболочкой. Такъ она постепенно и исчезла въ міровомъ пространствѣ.

Кромѣ такихъ внезапныхъ свѣтовыхъ колебаній, бываютъ еще совершающіяся періодически, которыя до извѣстной степени могутъ быть предполагаемы. Періодическія кометы Энке (таблица II, фиг, b) и Брорзена имѣли неодинаковую яркость при различныхъ возвращеніяхъ къ солнцу, что не могло быть объяснено однимъ только измѣненіемъ положенія ихъ относительно земли и солнца. Изучавшій эти кометы Берберихъ, послѣ различныхъ сопоставленій, высказалъ предположеніе, что онѣ, и быть можетъ даже всѣ кометы безъ исключенія, обладаютъ наибольшею интенсивностью свѣта въ тѣ періоды, когда на солнцѣ бываетъ больше всего пятенъ. Дѣло въ томъ, что число открываемыхъ при помощи телескопа кометъ, повидимому, увеличивается въ эти годы повышенной дѣятельности солнца. Такъ какъ, съ другой стороны, нельзя допустить, чтобы приходящія изъ отдаленнѣйшихъ областей міроваго пространства кометы дѣйствительно приносились къ намъ въ эти періоды въ большемъ числѣ, чѣмъ въ другое время, то приходится объяснить упомянутое колебаніе числа открываемыхъ кометъ такимъ образомъ, что всѣ явленія въ подобные періоды кризиса становятся ярче и потому легче могутъ быть замѣчаемы.

Что характеръ измѣненія блеска кометъ подверженъ большимъ колебаніямъ, которыя, въ общемъ, находятся въ связи съ ихъ положеніемъ относительно солнца,—это ясно показалъ, также, и спектроскопъ. Призматическое разложеніе кометнаго свѣта прежде всего обнаружило, что эти небесныя тѣла, въ отличіе отъ всѣхъ ранѣе разсмотрнѣныхъ, свѣтятся преимущественно собственнымъ свѣтомъ, такъ какъ ихъ спектръ состоитъ изъ свѣтлыхъ линій или полосъ. Напротивъ, узкій сплошной спектръ, который особенно на большихъ кометахъ съ ясно выраженнымъ ядромъ наблюдается поверхъ характерныхъ кометныхъ полосъ (смотри таблицу спектровъ, стр, 71), имѣетъ своимъ источникомъ. по крайней мѣрѣ отчасти, солнечный свѣтъ, отражаемый частицами ядра. Гигинсу удалось 24 іюня 1881 г. сфотографировать спектръ кометъ 1881 II и 1882 I, въ которомъ ясно были видны фраунгоферовы линіи. Конечно, спектроскопъ не даетъ еще возможность окончательно рѣшить вопросъ, не происходитъ ли нѣкоторая часть сплошного спектра отъ собственнаго свѣта кометъ, исходящаго, быть можетъ, изъ раскаленныхъ твердыхъ массъ. (Относительно общихъ понятій, сюда относящихся, смотри главу о спектральномъ анализѣ, стр. 67). Но что касается полосъ кометнаго спектра, то несомнѣнно, что онѣ могутъ происходить только отъ раскаленныхъ или въ силу другой причины самосвѣтящихся газовъ.

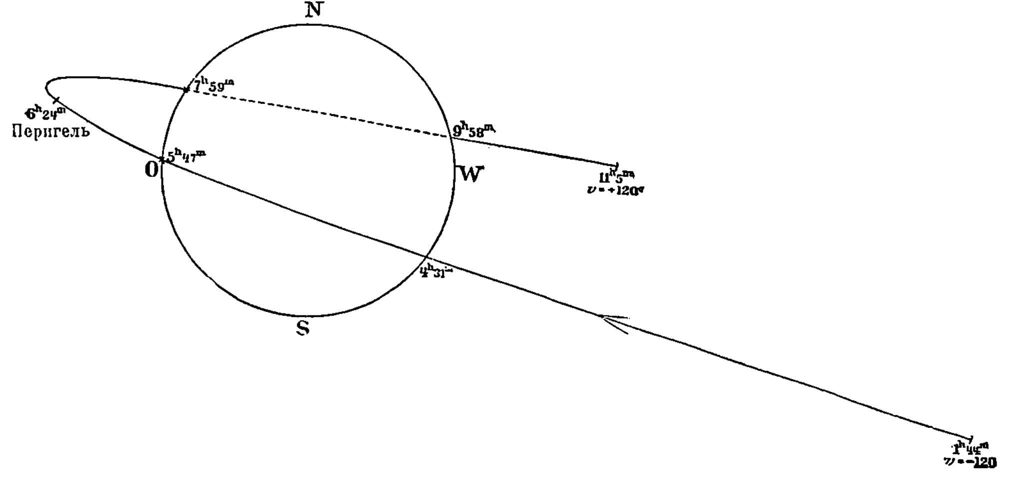
Точное отождествленіе этихъ полосъ съ земными источниками свѣта встрѣтило, однако, затрудненіе въ томъ обстоятельствѣ, что онѣ представляются весьма неясными и поэтому не удобны для измѣренія. При слабости свѣта спектральныхъ полосъ приходится слишкомъ широко раскрывать щель спектроскопа, чтобы впустить возможно больше свѣта, а при этомъ изчезаетъ отчетливость изображенія. Такъ какъ, однако, линіи спектра, представляя собою изображеніе щели спектроскопа, никогда не могутъ быть шире самой щели, то тѣ линіи, которыя въ дѣйствительности расположены близко одна возлѣ другой, въ изображеніи налегаютъ одна на другую и такимъ образомъ какъ бы взаимно стираются.

Тѣмъ не менѣе общій видъ кометнаго спектра сразу же напомнилъ о спектрѣ углеводородныхъ соединеній, къ которымъ, напр., принадлежитъ свѣтильный газъ. Спектры этихъ соединеній обладаютъ, именно, тою особенностью, что они состоятъ изъ большаго числа распадающихся на группы, густо одна возлѣ другой расположенныхъ, линій, которыя у краснаго конца всегда начинаются наиболѣе яркой линіей и въ предѣлахъ каждой группы, въ направленіи къ фіолетовому концу, идутъ понижаясь въ яркости. (Смотри таблицу спектровъ, стр. 71) Если теперь и при полученіи спектра углеводородныхъ соединеній открыть широко щель, то онъ, дѣйствительно, представитъ большое сходство со спектромъ кометъ. Правда, въ спектрѣ названныхъ соединеній существуютъ еще двѣ полосы этого рода, которыхъ нѣтъ въ спектрѣ кометъ, но эти двѣ полосы слабѣе остальныхъ трехъ, такъ что можно, пожалуй, допустить, что онѣ находятся и въ спектрѣ кометъ, но только не могутъ быть замѣчены при помощи имѣющихся въ нашемъ распоряженія инструментовъ. И дѣйствительно, Фогелю, повидимому, удалось замѣтить въ спектрѣ кометы Вельса слѣды одной изъ этихъ полосъ. Вполнѣ естественно, что подобнымъ простымъ установленіемъ сходства обѣихъ спектровъ дѣло не могло ограничиться. Для восьми кометъ, давшихъ достаточно надежныя наблюденія изъ числа приблизительно 30, изслѣдованныхъ со времени примѣненія спектроскопа къ небеснымъ объектамъ, Шейнеръ опредѣлилъ длину свѣтовыхъ волнъ упомянутыхъ выше полосъ именно, въ среднемъ, въ 563,0 516,6 и 471,9 микроновъ. Свѣтлыя же начальныя линіи спектра углеводородовъ (былъ выбранъ ацетиленъ), соотвѣтствующія полосамъ кометнаго спектра, имѣютъ длину свѣтовой волны 563,5, 516,5 и 473,8 и, такимъ образомъ, весьма близко согласуются съ ними, за исключеніемъ послѣдней группы въ синей части спектра. Измѣренія синей группы кометнаго спектра представляются, однако, еще не достаточно точными, чѣмъ, по всей вѣроятности, и объясняется указаное выше несоотвѣтствіе. Тщательныя изслѣдованія Фогеля относительно отличительныхъ особенностей спектровъ привели тѣмъ не менѣе этого ученаго къ убѣжденію, что кометы, кромѣ углеводородовъ, содержатъ еще окись углерода.

Состоящій изъ трехъ полосъ спектръ дали съ 1864 г., когда Донати во Флоренціи впервые направилъ спектроскопъ на комету, всѣ кометы, изслѣдованныя въ этомъ отношеніи, за единственнымъ исключеніемъ упомянутой уже замѣчательной кометы Гольмса, спектръ которой представлялъ одну сплошную цвѣтную полосу безъ всякихъ перерывовъ или сгущеній. Открытая въ 1882 г. американцемъ Вельсомъ комета представляла, однако, въ началѣ весьма интересное исключеніе изъ общаго правила въ томъ отношеніи, что въ первое время она давала лишь слабо замѣтный нормальный спектръ и, напротивъ, довольно яркій сплошной; когда-же комета приблизилась къ перигелію, этотъ послѣдній спектръ совершенно внезапно замѣнился всѣмъ извѣстной блестящей желтой линіей, которую даютъ пары поваренной соли, т. е. натріевой линіей. Такимъ образомъ комета несомнѣнно содержала это вещество, которое, однако, засвѣтилось только при сильномъ приближеніи къ солнцу. Когда, затѣмъ, комета снова удалилась

отъ солнца, исчезла и натріевая линія, и снова выступилъ обыкновенный спектръ кометъ.

Здѣсь слѣдуетъ обратить вниманіе на то, что передъ тѣмъ не приходилось изучать спектра ни одной другой кометы при столь значительномъ приближеніи ихъ къ солнцу, какъ это было съ кометой Вельса. Кратчайшее разстояніе послѣдней отъ солнца, имѣвше мѣсто 11-го іюня, составляло лишь около 9 милліоновъ километровъ, значитъ едва пятую часть разстоянія Меркурія отъ солнца. Количество теплоты, которое комета въ этомъ положеніи получала отъ раскаленнаго дневного свѣтила, превосходило въ 270 разъ количество ея, получаемое нами. Что подобная близость оказывала могущественное вліяніе на комету, это видно изъ необычайной яркости ея, позволявшей, начиная съ 5 іюня, различать ее въ телескопъ днемъ, возлѣ самаго солнца. Уже въ концѣ мая желтая



Видимое движеніе большой сентябрской кометы 1882 г. вблизи ея перигелія. По Крейцу. Ср. текстъ, стр. 217.

часть спектра этой кометы стала значительно ярче, а 31-го числа того же мѣсяца Фогель въ Потсдамѣ впервые замѣтилъ натріевую линію. Весьма поразительнымъ представилось при этомъ столь же внезапное исчезновеніе нормальнаго спектра, что̀ по изслѣдованіямъ Гассе́льберга въ Пулковѣ могло быть объяснено только вмѣшательствомъ электрическихъ явленій въ измѣненія, совершавшіяся около головы кометы. Дѣйствительно, если раскалить смѣсь углеводорода съ парами натрія обыкновеннымъ образомъ, то спектры обоихъ газовъ располагаются одинъ надъ другимъ. Если же пропустить черезъ смѣсь электрическую искру, въ такомъ случаѣ натрій раскаляется въ ней настолько сильнѣе углеводорода, что послѣдній въ спектроскопѣ совершенно затмѣвается и исчезаетъ.

Открытая вслѣдъ затѣмъ новая комета подтвердила тотъ взглядъ, что подобныя превращенія кометнаго спектра вызываются дѣйствіемъ солнечныхъ лучей. Мы имѣемъ здѣсь въ виду большую сентябрскую комету 1882 года. Она приблизилась къ солнцу значительно болѣе, чѣмъ комета Вельса. Когда 17 сентября, она огибала солнце, описывая около него дугу значительной кривизны, она отстояла отъ центра солнца всего на 1,130,000 клм. а слѣдовательно отъ его поверхности на 440,000 клм., немногимъ болѣе того разстоянія, въ какомъ находится отъ насъ луна. Дѣйствіе свѣта и лучистой теплоты солнца въ данномъ случаѣ въ 16,600 разъ превосходило то, которому подвергаемся мы. Насколько громадно было при этомъ воздѣйствіе солнца, можно заключить и по уси-

ленію блеска кометы, которое въ другое время никогда болѣе не наблюдалось. Дѣло въ томъ, что она не только прошла вблизи солнца, какъ ея предшественница, комета Вельса, но даже проектировалась на его дискъ; имѣло мѣсто прохожденіе кометы черезъ дискъ солнца,—явленіе, никогда до этихъ поръ не наблюдавшееся. 17-го сентября астрономы Капской обсерваторіи и обсерваторіи въ Кордовѣ, въ Аргентинѣ, наблюдали, какъ комета все болѣе и болѣе приближалась къ солнечному диску и все-таки при этомъ оставалась настолько яркой, что ее ясно можно было видѣть въ телескопъ въ такихъ областяхъ небосклона, въ какихъ никогда передъ тѣмъ нельзя было различить ни одного другого свѣтила. Когда же комета, наконецъ, переступила край солнца, произошло нѣчто прямо чудесное: за секунду передъ тѣмъ весьма яркое свѣтило совершенно исчезло, и во все время его прохожденія передъ солнцемъ, направленіе котораго было извѣстно самымъ точнымъ образомъ, нельзя было замѣтить ни малѣйшаго, свѣтлаго или темнаго, слѣда его. Такимъ образомъ комета обладала яркостью, совершенно одинаковой съ солнцемъ, И вотъ, спустя нѣкоторое время комета выходитъ на противоположной сторонѣ совершенно такая же, какъ и до вступленія въ кругъ солнечнаго диска. Явленіе было настолько поразительно, что Гульдъ въ Кордовѣ подумалъ, будто комета прошла за солнцемъ, что, однако, произошло лишь черезъ нѣсколько часовъ послѣ того, какъ комета пронеслась черезъ свой перигелій. Рисунокъ на стр. 216 изображаетъ видимое движеніе кометы въ послѣполуденные часы 17-го сентября. Время указано для меридіана Берлина. Обозначенія $v = 120^0$ и $+ 120^0$ относятся къ такъ называемымъ истиннымъ аномаліямъ кометы, значеніе которыхъ будетъ объяснено позже. Изъ этихъ обозначеній слѣдуетъ, что разсматриваемая комета за время съ 1 h 44 m до 11 h 5 m, если смотрѣть изъ центра солнца, пробѣжала дугу въ 240^0. Когда, затѣмъ, комета еще болѣе удалилась отъ солнца, она на нѣсколько дней перестала быть видимой, потому что ея свѣтъ на столько ослабѣлъ, что ея нельзя было уже различить на освѣщенномъ небесномъ сводѣ. Напротивъ, когда она, при дальнѣйшемъ движеніи стала появляться на небѣ утромъ, она снова сдѣлалась видимой и при томъ имѣла огромный, почти прямолинейный хвостъ.

18-го сентября Толлонъ въ Ниццѣ впервые наблюдалъ спектръ этой кометы, находившейся въ то время лишь на три градуса къ западу отъ солнца. Въ немъ была не только весьма ясно видна двойная D линія, но еще большое число другихъ свѣтлыхъ линій, изъ которыхъ нѣкоторыя соотвѣтствовали линіямъ желѣза; вмѣстѣ съ тѣмъ черезъ весь спектръ, состоящій изъ полосъ, проходилъ ясно различимый сплошной спектръ. Такъ какъ наблюденіе производилось днемъ и притомъ надъ свѣтиломъ, находившимся такъ близко возлѣ солнца, то вмѣстѣ съ двумя описанными спектрами былъ виденъ и обыкновенный солнечный спектръ со своими фраунгоферовыми линіями. Въ немъ также имѣется линія D, только темная. И вотъ, Толлона тотчасъ же поразило, что обѣ темныя линіи не совпадаютъ съ соотвѣтствующими свѣтлыми. Величина смѣщенія въ этомъ случаѣ легко могла быть опредѣлена и безъ примѣненія какихъ-либо вспомогательныхъ средствъ, путемъ сравненія съ разстояніемъ обѣихъ D линій. Припомнимъ теперь изъ изложеннаго о спектральномъ анализѣ (стр. 79), что подобное смѣщеніе указываетъ на движеніе источника свѣта. Смѣщеніе въ размѣрѣ разстоянія обѣихъ D-линій соотвѣтствуетъ движенію со скоростью 305 клм. въ секунду; изъ сравненія получилось, что комета въ то время удалялась отъ насъ со скоростью между 61 и 76 клм. въ секунду. Эту величину Толлонъ опредѣлилъ въ свое время, не имѣя никакихъ свѣдѣній объ истинной орбитѣ свѣтила. Вычисленія показали позже, что движеніе, дѣйствительно, совершалось со скоростью почти 76 клм. въ секунду. По мѣрѣ того, какъ комета все болѣе удалялась отъ солнца.

натріевая линія постепенно блѣднѣла, въ то время какъ обыкновенный спектръ становился яснѣе. Послѣ 7 октября исчезъ всякій слѣдъ свѣтлыхъ линій.

Послѣ этой большой кометы появилась, правда, подобная же въ 1887 г., которая подошла къ солнцу, быть можетъ, даже еще ближе; но она, къ сожалѣнію, была видна только въ южномъ полушаріи и притомъ весьма короткое время, такъ что ея спектръ не былъ изслѣдованъ. Такимъ образомъ послѣ большой сентябрской кометы 1882 г. натріевая линія не наблюдалась болѣе въ кометномъ спектрѣ ни разу, за исключеніемъ одного сомнительнаго случая съ періодическою кометою Понсъ-Брукса (1884 I), въ спектрѣ которой, по увѣренію Фогеля, отъ времени до времени появлялась D-линія, когда комета, при упомянутомъ уже раньше колебаніи своего свѣта, начинала блистать особенно ярко.

Относительно большой сентябрской кометы 1882 г. нужно еще замѣтить, что, при ея прохожденіи черезъ перигелій, она очевидно претерпѣла весьма сильныя внутреннія пертурбаціи, такъ какъ вскорѣ послѣ того она представилась распавшеюся на большое число частей, имѣвшихъ видъ туманныхъ клочковъ, которыя постепенно все болѣе и болѣе удалялись отъ главной массы. Сперва ядро раздробилось 2-го октября на двѣ, позже еще на нѣсколько частей (18-го октября Темпель во Флоренціи видѣлъ четыре ядра); затѣмъ, послѣ того какъ вокругъ кометы образовался упомянутый уже раньше (стр. 212, таблица I, фиг. с) своеобразный туманный чехолъ, отъ нея въ различное время отдѣлились туманныя массы, которыя сопровождали комету, по постепенно все болѣе и болѣе отставали отъ нея. Такіе объекты видѣлъ возлѣ кометы 9-го, 10-го и 11-го октября Шмидтъ въ Аѳинахъ, а 14-го октября Бернердъ и 21-го октября Бруксъ замѣтили еще другія подобныя же образованія. Бредихинъ, Цельбръ, Геппергеръ вычислили орбиты этихъ вторичныхъ тѣлъ и хотя при этомъ нашли, что они описываютъ путь совершенно подобный пути большой кометы, но вмѣстѣ съ тѣмъ имъ удалось установить, что эти орбиты не имѣютъ между собою ни одной общей точки. Такимъ образомъ нужно допустить, что въ то время, когда большая комета находилась вблизи солнца, не поддающіяся опредѣленію процессы смѣстили эти туманныя массы съ нормальной орбиты главнаго свѣтила.

Возможность необычайнаго воздѣйствія солнца при столь большомъ къ нему приближеніи станетъ понятной, если принять въ соображеніе, что могучія изверженія раскаленныхъ газовъ на поверхности солнца или т. н. протуберанцы поднимаются настолько высоко, что достигаютъ тѣхъ разстояній, на которыхъ проносились мимо солнца, между прочимъ, упомянутыя кометы. При помощи спектроскопа вполнѣ установлено, что кометы имѣютъ матеріальныя составныя части, а отнюдь не являются только оптическими или электрическими явленіями, какъ это одно время серьезно предполагали. Можно даже, какъ мы видѣли, опредѣлить родъ кометнаго вещества. То же самое нужно сказать относительно тѣхъ выступовъ солнца, чрезъ которые сентябрская комета 1882 г. и еще двѣ другихъ, подошедшихъ очень близко къ солнцу, промчались съ такою скоростью, какой, даже и приблизительно, не наблюдалось болѣе на всемъ небесномъ пространствѣ. Изъ двухъ послѣднихъ свѣтилъ появившееся двумя годами раньше сентябрской кометы 1882 г. (1880 I) въ южномъ полушаріи приблизилось къ солнцу еще болѣе, чѣмъ эта послѣдняя. 27-го февраля, во время прохожденія черезъ перигелій, оно было удалено отъ поверхности солнца всего лишь на 185.000 клм., значитъ приблизительно только на половину разстоянія луны отъ насъ, и въ первую минуту послѣ прохожденія черезъ перигелій мчалось около солнечнаго шара съ непостижимой скоростью, въ среднемъ, 540 клм, въ секунду, т. е. въ 1000 разъ скорѣе, чѣмъ наши

самыя быстрыя ядра. Для другого родственнаго свѣтила 1843 г. Плантамуръ опредѣлилъ даже начальный путь, который оно совершило за дискомъ солнца. Хотя эти вычисленія, вслѣдствіе неточнаго опредѣленія положеній наблюдавшейся кометы и оказались невѣрными, однако изъ нихъ выяснилось, что приближеніе къ солнцу въ этомъ случаѣ было все-таки значительнѣе, чѣмъ въ указанныхъ раньше. Эти три кометы, вмѣстѣ съ упомянутою уже 1887 I и еще другою — 1680 г., представляющія и въ другихъ отношеніяхъ очень большое сходство между собою, къ разсмотрѣнію котораго мы сейчасъ и обратимся, по своему большому приближенію къ солнцу стоятъ совершенно особнякомъ въ исторіи кометныхъ явленій, и только Аристотелеву комету 372 г. до Р. Х,, относительно которой имѣются нѣкоторыя данныя, пригодныя служить основаніемъ для вычисленій, весьма впрочемъ ненадежныхъ, можно, пожалуй, отнести къ той же замѣчательной группѣ.

Однако, чѣмъ больше скорость, съ которою какое-нибудь матеріальное тѣло пробивается черезъ другое, тѣмъ сильнѣе сопротивленіе, оказываемое послѣднимъ движенію перваго. И вотъ, одну изъ величайшихъ загадокъ, задаваемыхъ изслѣдователямъ этими удивительными небесными свѣтилами, составляетъ тотъ фактъ, что ихъ движеніе во время прохожденія черезъ столь близко-лежащія къ солнцу области, которыя несомнѣнно наполнены газами и даже твердыми матеріальными частицами, не претерпѣваетъ, однако, замѣтнаго для насъ замедленія. Чтобы при разсмотрѣніи этого вопроса понять все къ нему относящееся, намъ необходимо нѣсколько забѣжать впередъ и позаимствовать изъ второго главнаго отдѣла этой книги нѣкоторыя свѣдѣнія относительно свойства орбитъ этихъ небесныхъ свѣтилъ.

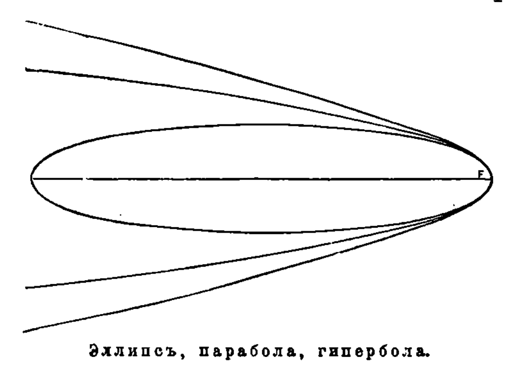
Всѣ небесныя свѣтила, орбиты которыхъ вообще могли быть опредѣлены съ точностью, движутся, какъ показали эти вычисленія, по эллипсамъ, гиперболамъ и параболамъ около нѣкотораго матеріальнаго центра, напр. планеты и кометы около солнца. Изъ различныхъ свойствъ этихъ трехъ группъ кривыхъ насъ интересуетъ здѣсь, главнымъ образомъ, одно, а именно, что изъ нихъ только эллипсы имѣютъ замкнутую форму, такъ что движущееся по подобной линіи свѣтило должно періодически принимать одно и то же положеніе относительно своего центра. Извѣстно, что планеты движутся, именно, по такимъ эллипсамъ около солнца. Гиперболы и параболы имѣютъ то общее свойство, что движущееся по нимъ тѣло только однажды обходитъ около центра, т. е. свѣтила, вызвавшаго его движеніе; подобныя тѣла кажутся намъ приходящими изъ безконечности и снова возвращающимися туда же. Изъ всѣхъ небесныхъ свѣтилъ только кометы могутъ двигаться по орбитамъ всѣхъ трехъ родовъ, какъ и вообще эти свѣтила соединяютъ съ себѣ почти всѣ свойства, какія только когда-либо наблюдались въ небесныхъ свѣтилахъ вообще. Среди кометныхъ орбитъ безусловно преобладаютъ параболы, тогда какъ ясно выразившихся гиперболъ въ спискахъ орбитъ находится лишь очень немного; въ общей массѣ ихъ окажется едва ли болѣе полудюжины. Напротивъ эллиптическихъ кометныхъ орбитъ насчитывается 70 съ чѣмъ-то, не считая сомнительныхъ случаевъ. Такимъ образомъ свѣтила этой послѣдней категоріи должны періодически, черезъ опредѣленные промежутки времени, возвращаться къ солнцу, хотя въ дѣйствительности это не наблюдалось для всѣхъ изъ нихъ.

Различныя формы орбитъ опредѣляются изъ наблюденій, точно также опредѣляется и положеніе этихъ орбитъ относительно неподвижныхъ плоскостей и скорость, съ которою кометы движутся въ данное время. Чтобы затѣмъ рѣшить вопросъ, тождественны ли между собою двѣ наблюдавшіяся въ различное время кометы, необходимо, — въ виду невозможности положиться на одно, могущее обнаружиться, сходство внѣшняго вида кометъ,

такъ какъ этотъ послѣдній, какъ мы видѣли, подверженъ большимъ измѣненіямъ, — прежде всего установить эллиптическую природу ихъ орбитъ; далѣе, для признанія тождественности кометъ, пути обоихъ свѣтилъ въ пространствѣ должны совпадать въ предѣлахъ точности вычисленій, и, наконецъ, должно быть доказано, что скорость обѣихъ кометъ или время ихъ оборота соотвѣтствуетъ промежутку времени между обоими появленіями.

Рѣшеніе вопроса о тождественности большой сентябрской кометы 1882 г. съ другими, прежде или позже появлявшимися. находится въ тѣсной связи съ вопросомъ о вѣроятномъ сопротивленіи, оказанномъ движенію этого свѣтила верхними слоями солнечной атмосферы, такъ какъ такое сопротивленіе должно было уменьшить эллипсъ и, такимъ образомъ, ускорить возвращеніе свѣтила къ солнцу.

Вернемся, теперь, къ весьма интересной для насъ большой южной кометѣ 1880 г. Она была 31-го января замѣчена невооруженнымъ глазомъ сразу многими жителями южнаго полушарія, но сперва выступалъ на вечернемъ небѣ только ея хвостъ, имѣвшій въ длину около 40 градусовъ, тогда какъ голова, очевидно, не могла быть видима, потому что находилась очень близко къ солнцу. Директоръ Капской Обсерваторіи Д. Гилль 3-го февраля могъ сообщить королевскому астроному въ Гринвичѣ только слѣдующее: „мы видимъ только хвостъ кометы, и я сожалѣю, что долженъ сообщить вамъ, что мы видимъ только ея хвостъ“. („We have a comet by the tail, and I am sorry to say that we only have him by the tail still“.) Только 5-го февраля удалось Гульду въ Кордовѣ (Аргентина) увидѣть голову кометы и опредѣлить ея положеніе. Ядро представлялось довольно растянутымъ и неяснымъ, такъ что измѣренія были произведены весьма неточно. Яркость кометы быстро ослабѣвала, и 19-го февраля ея уже нельзя было различить въ телескопы, имѣвшіеся въ обсерваторіяхъ южнаго полушарія; вслѣдствіе этого по сю сторону экватора она совершенно не была видима. Вычисленія показали, что въ теченіе короткаго періода въ 14 дней, когда это свѣтило можно было видѣть, оно двигалось почти по прямой линіи по направленію отъ солнца. Эта прямая линія почти совершенно совпадала съ частью орбиты большой кометы 1843 г. Поэтому тотчасъ же возникъ вопросъ, не тождественны ли оба свѣтила. Комета 1843 г., подобно упоминавшейся неоднократно раньше кометѣ 1882 г., появилась 28-го февраля названнаго года на освѣщенномъ солнцемъ небѣ въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ послѣднимъ, и тогда удалось даже предпринять опредѣленіе ея положенія. Вечеромъ ее можно было видѣть съ 4-го марта и притомъ сперва опять-таки на Капской обсерваторіи. Затѣмъ, какъ и у кометы 1880 г., хвостъ ея, также имѣвшій длину въ 40 градусовъ и вытянутый почти по прямой линіи, началъ быстро укорачиваться и терять свой блескъ, пока, наконецъ, свѣтило это не исчезло совершенно 19-го апрѣля. Такимъ образомъ періодъ, въ теченіе котораго можно было видѣть комету, въ 1843 г. былъ больше, чѣмъ въ 1880 г., и сообразно съ этимъ въ 1843 г. можно было точнѣе опредѣлить орбиту свѣтила, потому что легче, понятно, дополнить, напримѣръ, эллипсъ по бо́льшему извѣстному отрѣзку его дуги, чѣмъ по меньшему.



Эллипсъ, парабола, гипербола.

Изъ того обстоятельства, что опредѣленныя наблюденіями части обѣихъ орбитъ совпадали, еще нельзя было заключить о совпаденіи и осталь-

ныхъ частей этихъ орбитъ, такъ какъ извѣстныя части были настолько малы, что ихъ можно было дополнить самымъ различнымъ образомъ, какъ это видно на прилагаемомъ рисункѣ. На немъ эллипсъ, парабола и гипербола расположены другъ возлѣ друга такимъ образомъ, что вѣтви ихъ, находящіяся вблизи общаго фокуса, совпадаютъ. Только въ этихъ совпадающихъ частяхъ, однако, и могли быть наблюдаемы разсматриваемыя кометы. Напротивъ, вопросъ о тождествѣ былъ бы тотчасъ рѣшенъ, если бы изъ наблюденій надъ обѣими кометами можно было вывести время ихъ оборота приблизительно въ 37 лѣтъ, что соотвѣтствовало бы промежутку между ихъ появленіемъ. И дѣйствительно, профессоръ Вейсъ въ Вѣнѣ съумѣлъ доказать, что всѣ наблюденія 1843 года легко могутъ быть сведены къ подобному эллипсу, а для кометы 1880 г. то же самое доказалъ авторъ настоящей книги. На этомъ основаніи Вейсъ и многіе другіе астрономы выступили защитниками того взгляда, что эти кометы тождественны, что такимъ образомъ комета принадлежитъ къ числу періодическихъ и съ давнихъ поръ возвращается къ солнцу каждыя 37 лѣтъ. Вейсъ обращаетъ вниманіе на семь кометъ, появлявшихся черезъ промежутки времени, кратные отъ 37-лѣтняго оборота кометы, а именно кометы 1106, 1179, 1363, 1511, 1695, 1843 и 1880 гг. Правда, противъ этого мнѣнія возражали, что такое величественное явленіе при своихъ предполагаемыхъ возвращеніяхъ въ 1732, 1769 и 1806 гг. не могло бы уже, навѣрное, ускользнуть отъ вниманія людей, даже если бы оно, по обыкновенію, было видимо только въ южномъ полушаріи. Однако, нужно имѣть въ виду, что разсматриваемая орбита принадлежитъ къ такимъ, двигаясь по которымъ комета при извѣстныхъ условіяхъ можетъ оставаться совершенно невидимой. Для занимающей насъ кометы это случилось бы, напримѣръ, въ томъ случаѣ, если бы прохожденіе ея черезъ перигелій пришлось на лѣтніе мѣсяцы; и это очень легко могло случиться во время упомянутыхъ трехъ возвращеній.

Если бы такимъ образомъ Вейсъ былъ правъ, т. е. если бы комета до сихъ поръ возвращалась регулярно каждыя 37 лѣтъ, то пришлось бы допустить, что она не встрѣтила при этомъ никакого сопротивленія въ солнечной атмосферѣ. Противъ Вейса и др., въ защиту противоположнаго взгляда выступилъ Клинкерфюсъ. Онъ вычислилъ, что достаточно лишь весьма незначительнаго уменьшенія скорости кометы при прохожденіи ея черезъ перигелій, именно на одну 1320-тую часть первоначальной скорости, чтобы получилось столь быстрое сокращеніе времени обращенія, и что комета съ 372 г. до Р. Х. могла бы при этомъ условіи появиться всего только два раза передъ 1880 г., именно въ 1668 и 1843 гг. Время обращенія такимъ образомъ между первымъ и вторымъ появленіемъ составило бы 2039, затѣмъ 175 и наконецъ 37 лѣтъ. Если бы и при послѣднемъ приближеніи къ солнцу скорость ея уменьшилась въ прежнемъ размѣрѣ 1320-ой части, т. е. съ 540 клм. въ секунду понизилась до 539,6 клм., то нынѣшнее время ея оборота составило бы всего 17 лѣтъ, и она должна бы была возвратиться уже въ 1897 г.

Этотъ взглядъ Клинкерфюса по сравненію съ взглядомъ Вейса имѣлъ прежде всего то преимущество, что онъ не приводилъ къ непонятнымъ съ физической точки зрѣнія выводамъ, будто наполненныя газами пространства вблизи солнечнаго шара не оказываютъ никакого сопротивленія пролетающему черезъ нихъ тѣлу. Далѣе удалось показать, что дошедшія до насъ наблюденія надъ явленіемъ 372 года до Р. Х. и 1668 г. могутъ быть математически подтверждены при помощи орбиты кометы 1843 г., а также 1880 г., тогда какъ указанныя Вейсомъ кометы, по причинѣ скудости свѣдѣній относительно нихъ, не могли быть подвергнуты подобной провѣркѣ. Отъ соотвѣтствующихъ годовъ большею частью не дошло никакихъ другихъ свѣдѣній кромѣ того, что кометы въ то время были видны.

Такъ существовало два этихъ, принципіально различныхъ, мнѣнія до тѣхъ поръ, пока не явилась комета 1882 г., обнаружившая несостоятельность обоихъ. Она двигалась совершенно по тому же пути, что и кометы 1880 и 1843 гг., а слѣдовательно и кометы 1668 г. и 372 г. до Р. Х., и ея внѣшній видъ равнымъ образомъ былъ сходенъ съ ними. Однако возможность тождественности этого свѣтила съ кометой 1880 г., въ связи съ тѣмъ предположеніемъ, что сила сопротивленія „эфира" вблизи солнца превосходитъ принятую Клинкерфюсомъ, должна быть совершенно отвергнута. Въ самомъ дѣлѣ, во-первыхъ, было невозможно согласить наблюденія 1880 г., цѣликомъ произведеныя послѣ прохожденія черезъ перигелій, значитъ послѣ искомаго воздѣйствія, со столь небольшимъ эллипсомъ, соотвѣтствовавшимъ, приблизительно, $2^1/_2$-годичному обороту, а во-вторыхъ, и наблюденія 1882 г. дали значительно большее время оборота, при чемъ оно въ послѣднемъ случаѣ могло быть опредѣлено съ гораздо большею точностью, чѣмъ для раньше явившихся кометъ разсматриваемой группы, такъ какъ комета 1882 г. оставалась видимой значительно далѣе. Первое опредѣленіе положенія этой замѣчательнѣйшей изъ всѣхъ кометъ было сдѣлано утромъ 8-го сентября на Капской обсерваторіи, послѣднее въ Кордовѣ 1 іюня 1883 г. Такимъ образомъ ее можно было наблюдать на сравнительно длинномъ пути какъ передъ прохожденіемъ черезъ перигелій, такъ и послѣ него. Мы уже упоминали о томъ, что надъ этимъ свѣтиломъ удалось произвести весьма важныя наблюденія въ то время, какъ оно проходило вблизи солнца и при этомъ среди бѣлаго дня ясно было видно на небѣ даже для невооруженнаго глаза.

Тщательно произведенныя вычисленія Крейца въ Килѣ относительно движенія этой кометы опредѣлили время ея оборота въ 772 года, съ теоретической возможностью ошибки не болѣе трехъ лѣтъ въ ту или другую сторону. И вотъ лѣтописи сообщаютъ намъ объ одной кометѣ отъ 1106 г., которая такимъ образомъ появилась за 776 лѣтъ до кометы 1882 г. и которая, подобно послѣдней, 4 или 5 февраля названнаго года была замѣчена на небѣ среди бѣлаго дня возлѣ самаго солнца. И остальныя европейскія и китайскія сообщенія, имѣющіяся относительно этого свѣтила, могутъ быть, съ нѣкоторой натяжкой, соглашены съ орбитой 1882 г. Слѣдовательно существуетъ нѣкоторая возможность отождествлять оба эти явленія; но кометы 1880, 1843, 1668 и др. ни при какихъ условіяхъ не могутъ быть признаны тождественными съ кометой 1882 г.

Такимъ образомъ былъ установленъ замѣчательный фактъ, что по одной и той же орбитѣ, или по орбитамъ весьма близкимъ другъ къ другу могутъ слѣдовать различныя кометы. Вскорѣ этотъ фактъ получилъ дальнѣйшее подтвержденіе въ появленіи кометы 1887 I, которая опять прошла по тому же пути весьма близко отъ солнца. Мы можемъ въ настоящее время привести девять случаевъ появленія кометъ, изъ которыхъ четыре навѣрное, а остальныя пять вѣроятно, прошли почти по одному и тому же пути; изъ нихъ лишь два случая, а самое большое три, принадлежатъ дѣйствительно тождественнымъ между собою кометамъ. Если въ опредѣленіи времени обращенія кометы 1882 г. допустить ошибку въ 20 лѣтъ, что въ данномъ случаѣ возможно, то окажется, что Аристотелева комета, о которой часто упоминалось въ настоящей главѣ, и которая также навѣрное проходила весьма близко отъ солнца, успѣла сдѣлать до 1882 г. три оборота. Прочія восемь появленій происходили въ 1106, 1668, 1680, 1843, 1880 годахъ, затѣмъ во время солнечнаго затменія въ маѣ 1882 г. въ видѣ загадочной кометы Хедива, и, наконецъ, въ видѣ главной кометы этой группы въ томъ же году и въ 1887 году.

Случайное совпаденіе столь большого числа кометныхъ орбитъ уже напередъ не представлялось вѣроятнымъ; было бы непонятно, почему природа, въ распоряженіи которой находятся неизмѣримыя пространства все-

ленной, безъ особой причины, т. е. безъ внутренней связи въ наблюдаемыхъ явленіяхъ, указываетъ одни и тѣ же пути различнымъ свѣтиламъ. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы увидимъ, насколько это предположеніе противорѣчитъ общимъ законамъ, управляющимъ строеніемъ вселенной, гдѣ устойчивость цѣлаго обезпечивается, насколько возможно, тѣмъ, что небесныя свѣтила раздѣлены другъ отъ друга громадными пространствами. Комета 1882 года представила намъ прямое и очевидное рѣшеніе вопроса. Выше мы видѣли, что отъ нея отдѣлились нѣкоторыя части, которыя продолжали путь рядомъ съ нею, но съ нѣсколько отличною скоростью. Эти части имѣли въ большинствѣ случаевъ ясно очерченное ядро и, слѣдовательно, являлись самостоятельными кометами. Ядро главной кометы также раздробилось на четыре части (см. таблицу II, фиг. f; въ другомъ состояніи та же комета представлена на фиг. h той же таблицы); изъ нихъ по крайней мѣрѣ одна развила на ряду съ главнымъ ядромъ свой собственный хвостъ и оболочку, такъ что въ результатѣ главная комета явилась раздѣлившеюся по всей длинѣ на двѣ меньшихъ кометы, которыя описывали по небу приблизительно, хотя не вполнѣ, одинъ и тотъ же путь. Разстояніе между отдѣльными частями продолжало возрастать, такъ что, когда главная комета приблизительно черезъ 700 лѣтъ вернется къ солнцу, то отдѣлившіяся кометы окажутся уже на такомъ значительномъ разстояніи отъ главной, что пройдутъ перигелій нѣсколькими годами раньше или позже ея, какъ это и было съ кометами 1880, 1843 и другими. Итакъ едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что всѣ эти свѣтила составляли нѣкогда одно свѣтило, которое не разъ, въ періоды наибольшей близости къ солнцу, испытывало распаденіе подъ вліяніемъ невѣроятно сильнаго дѣйствія солнечныхъ лучей, и отдѣльныя части котораго все болѣе и болѣе распредѣляются по его орбитѣ.

Примѣры двойныхъ кометъ уже были нами приведены (кометы Ліэ, Біэла), однако между появленіемъ кометы 1880 года, поднявшимъ этотъ вопросъ, и появленіемъ кометы 1882 года, рѣшившимъ его, появилась еще комета лѣтомъ 1881 года, которая болѣе рѣшительно и наглядно, чѣмъ какая либо другая, доказала существованіе кометъ, движущихся въ пространствѣ попарно, причемъ появленіе одной кометы отдѣлено отъ появленія другой промежуткомъ времени во много лѣтъ. Комета 1881 г. наблюдалась впродолженіи многихъ мѣсяцевъ; опредѣленія ея положенія, благодаря ясно очерченному и похожему на звѣзду ядру, которымъ она отличалась, были произведены съ необычайною точностью. 423 наблюденія, служившія для опредѣленія ея орбиты, дали для времени обращенія число въ 2954 года, съ тереотически допускаемой ошибкой лишь въ нѣсколько лѣтъ. Однако, по другимъ свойствамъ и по своему положенію орбита оказалась весьма похожею на орбиту большой кометы 1807 г., которую точно также наблюдали продолжительное время и при томъ весьма обстоятельно. Опредѣленіе орбиты послѣдней кометы является одною изъ классическихъ работъ Бесселя. Но 74 года, протекшіе между появленіями этихъ двухъ кометъ никакъ не могли быть согласованы съ данными наблюденій, да кромѣ того и періодъ обращенія для кометы 1807 г., по опредѣленію Бесселя, равнялся 1713 годамъ. Уже разница во времени показываетъ, что кометы 1807 и 1881 гг. не суть тождественныя свѣтила: ихъ эллипсы какъ по формѣ, такъ и по положенію въ пространствѣ, являются лишь сходными. То же самое можно сказать и о группѣ кометъ, только что подробно разсмотрѣнной. Изъ вышеизложеннаго понятно, что кометы, возникшія отъ насильственнаго распаденія вблизи солнца кометы-родоначальницы, должны въ своемъ движеніи болѣе или менѣе уклониться отъ первоначальнаго пути этой послѣдней.

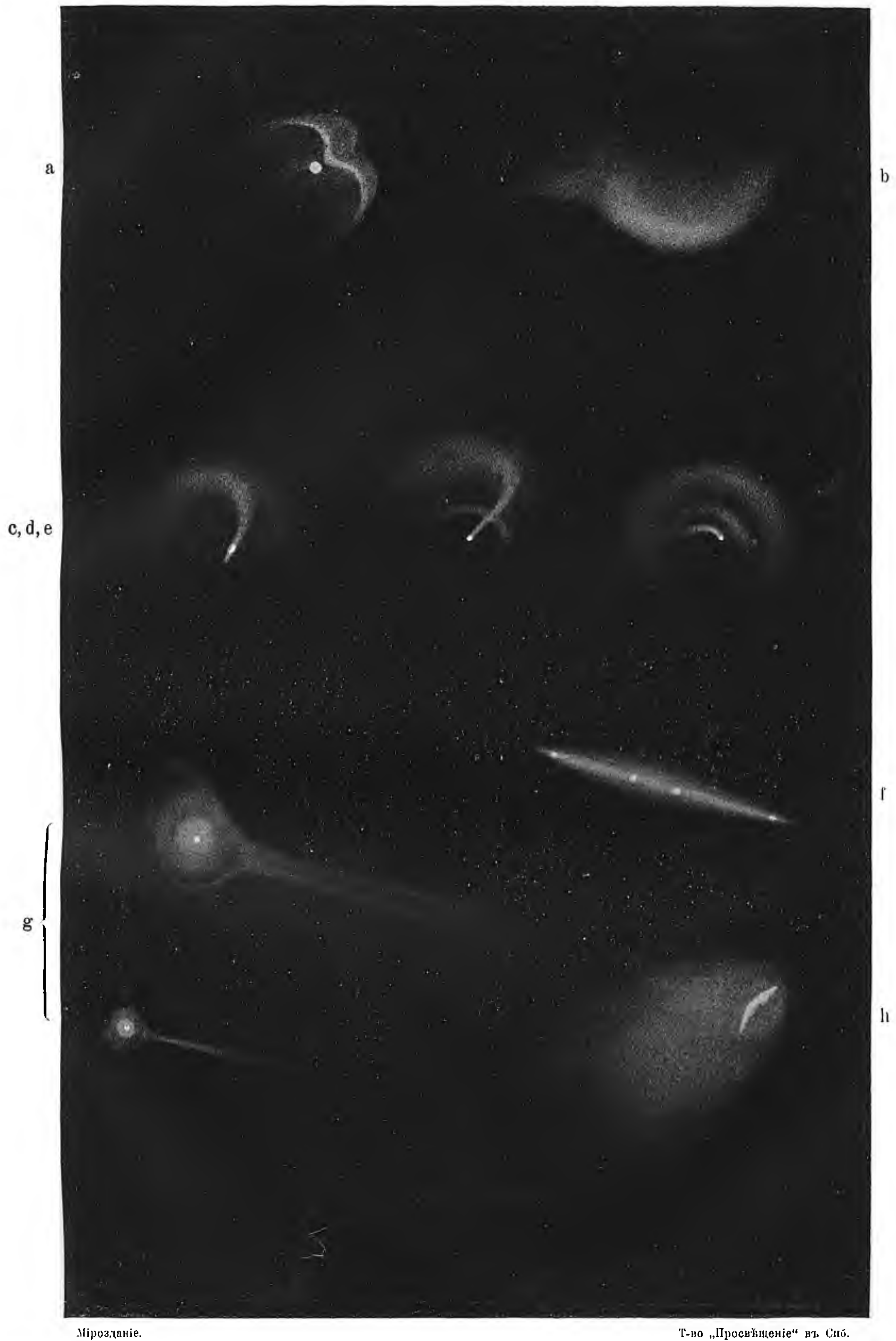
Открытіе кометныхъ группъ одновременно подорвало доводы, вы-

ставленные Клинкерфюсомъ и Вейсомъ какъ въ пользу, такъ и противъ предполагаемаго сопротивленія газовъ вблизи солнца. Хотя, вслѣдствіе неточности наблюденій, нельзя окончательно отрицать, что кометы 1843 и 1880 гг., орбиты которыхъ не противорѣчатъ эллипсу съ періодомъ обращенія въ 47 лѣтъ, представляютъ одно и то же свѣтило, отдѣлившееся отъ главной кометы 1882 года въ одно изъ предыдущихъ положеній ея въ перигеліи и перемѣщенное на эту короткую орбиту; однако, прямыхъ доказательствъ въ пользу этого нѣтъ, какъ нѣтъ данныхъ въ пользу предположенія, что эта комета возвращается черезъ каждыя 37 лѣтъ. А разъ нельзя заключать о тождествѣ кометъ по сходству ихъ орбитъ, тѣмъ болѣе нѣтъ никакихъ основаній допускать, чтобы періодъ обращенія кометы могъ равномѣрно уменьшаться. Положительный, хотя и крайне неожиданный фактъ для рѣшенія этого важнаго вопроса доставила комета 1882 г.: она была единствввнпой кометой изъ этой группы, которую удалось съ достаточной точностью наблюдать до прохожденія ея черезъ перигелій; при этомъ оказалось, что ея орбита, какъ до, такъ и послѣ прохожденія черезъ перигелій, вполнѣ совпадала съ огромнымъ эллипсомъ съ періодомъ обращенія приблизительно въ 3000 лѣдъ. Наблюденія, слѣдовательно, не показываютъ и слѣда какого либо сопротивленія въ газовой оболочкѣ солнца, черезъ которую комета прошла тогда съ невообразимо громадной скоростью.

Напротивъ того, другая комета, подходившая къ солнцу далеко не на такое близкое разстояніе, казалось, испытывала равномѣрное замедленіе. Послѣднее могло бы найти себѣ объясненіе въ сопротивленіи среды, выполняющей міровое пространство, т. е. эфира, существованіе котораго необходимо признать для объясненія свѣтовыхъ и другихъ дѣйствій, передающихся въ міровомъ пространствѣ посредствомъ лучей. Мы говоримъ здѣсь о періодической кометѣ Энке. Она представляетъ незначительное свѣтило, возвращающееся къ солнпу каждые $3^1/_2$ года и наблюдавшееся съ 1786 г. двадцать семь разъ (см. прилагаемую II таблицу кометъ, фиг. b). Энке первый изучилъ періодичность этой кометы въ 1822 г. *) и многочисленными вычисленіями показалъ, что если принять въ разсчетъ притяженіе всѣхъ большихъ планетъ, то и тогда нельзя вполнѣ согласовать движеніе кометы съ закономъ тяготѣнія, который вообще не допускаетъ никакихъ исключеній. Замѣченное уменьшеніе періода обращенія вокругъ солнца, казалось, равномѣрно возрастало со временемъ и потому, конечно, вполнѣ могло быть приписано дѣйствію предполагаемаго мірового эфира. Но дальнѣйшее изученіе движенія свѣтила и здѣсь дало отрицательный результатъ. Баклундъ, предпринявшій послѣ Энке и Астена нелегкій и весьма кропотливый трудъ переработки полнаго матеріала наблюденій, нашелъ въ концѣ концовъ, что между 1819 и 1865 гг. комета, дѣйствительно, какъ будто подвергалась какому-то правильному вліянію въ указанномъ смыслѣ, но что съ того времени это загадочное вліяніе внезапно прекратилось, или по крайней мѣрѣ уменьшилось до половины своей прежней величины. Такъ, когда комета, согласно вычисленію, вновь появилась въ 1881 г., она оказалась на 47 секундъ позади того мѣста, которое было вычислено для нея при допущеніи эмпирически установленнаго сопротивленія среды; впослѣдствіи эта ошибка еще больше увеличилась. Но стоило допустить, что загадочная причина не дѣйствовала со времени послѣдняго появленія кометы, какъ во всемъ получалось полное согласіе. Такимъ образомъ приходилось признать, что какъ эта, такъ и другія кометы встрѣчали въ своемъ движеніи какія то иныя препятствія, дѣйствовавшія лишь временно.

---

*) Раньше Энке, астрономы Араго и Ольберсъ обратили вниманіе на сходство элементовъ кометъ 1805 и 1818 годовъ. *С. Глазенапъ.*



Мірозданіе.
Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

ГОЛОВЫ КОМЕТЪ.

Головы кометъ.

a. Голова кометы Галлея, по рисунку Швабе, 15 окт. 1835 г.

b. Комета Энке, по рисунку Швабе, 12 ноября 1838 г.

c, d, e. Голова кометы 1881 III, по рисунку М. Тюри, въ 10-дюймовый рефракторъ Женевской обсерваторіи, 26, 27 и 28 іюня 1881 г.

f. Голова сентябрьской кометы 1882 г., по рисунку Вильяма Винлока, въ 26-дюймовый Вашингтонскій рефракторъ, 3 марта 1883 г.

g. Двойная комета Біела, по рисунку Струве, 19 февраля 1846 г.

h. Голова большой сентябрьской кометы 1882 г., по рисунку Вильяма Винлока, въ 10-дюймовый Вашингтонскій рефракторъ, 9 окт. 1882 г.

Такъ, напримѣръ, періодическая комета Фая, принадлежавшая прежде къ наиболѣе точнымъ свѣтиламъ этого рода, въ послѣднее время сдѣлала нѣсколько скачковъ, которые пока еще не удалось объяснить. О кометѣ Брорзена, относительно которой является подобное же подозрѣніе, намъ придется еще говорить. Если однако не всѣ изслѣдованныя въ этомъ отношеніи кометы обнаруживаютъ признаки такого вліянія, то въ этомъ нѣтъ еще ничего страннаго, ибо это вліяніе по своей природѣ должно сказываться въ различной степени на различныхъ кометахъ. Сопротивленіе это должно бы проявляться примѣрно также, какъ замедленіе, испытываемое тѣлами при паденіи въ нашемъ воздухѣ. А каждому извѣстно, что перо падаетъ несравненно медленнѣе, чѣмъ пушечное ядро, хотя въ безвоздушномъ пространствѣ оба тѣла падаютъ съ одинаковой скоростью. Чѣмъ менѣе объемъ тѣла при данной массѣ, тѣмъ слабѣе сопротивленіе воздуха. Изъ наблюденій надъ замедленіемъ падающаго тѣла можно было бы опредѣлить его удѣльный вѣсъ, откуда легко вывести и дѣйствительный вѣсъ, если извѣстенъ объемъ тѣла. Подобные способы опредѣленія, которые можно примѣнить оптически, т. е. безъ прикосновенія къ испытуемому тѣлу, всегда въ высокой степени интересуютъ астрономовъ, такъ какъ при извѣстныхъ условіяхъ ихъ можно примѣнить и къ небеснымъ тѣламъ. Если на движеніяхъ планетъ не замѣчается вліянія сопротивленія предполагаемой „небесной атмосферы", то въ достаточной степени это объясняется ихъ сравнительно большимъ удѣльнымъ вѣсомъ, который съ полной точностью можно было опредѣлить другими способами. Но такъ какъ и на кометахъ, свѣтилахъ чрезвычайно легкихъ, не обнаружено подобнаго вліянія, то остается только заключить, что міровой эфиръ, даже въ непосредственной близости къ солнцу, является для насъ вполнѣ невѣсомой матеріей, хотя понятіе объ абсолютно невѣсомыхъ тѣлахъ съ полнымъ основаніемъ все болѣе и болѣе изгоняется изъ современной физики.

Мы только что назвали кометы удѣльно весьма легкими тѣлами. Доказательство этого мы оставимъ до изложенія теоретическихъ вопросовъ, которымъ будетъ посвящена вторая часть этой книги, чтобы не нарушать порядка изложенія въ настоящемъ отдѣлѣ. Здѣсь упомянемъ лишь, что всѣ разнообразнѣйшія попытки опредѣленія массы кометъ приводили постоянно къ тому выводу, что вещество ихъ для нашихъ астрономическихъ методовъ является невѣсомо легкимъ. Бабинэ далъ имъ поэтому очень мѣткое названіе „des riens visibles".

Съ другой стороны спектроскопъ неоспоримо доказалъ, что эти тѣла состоятъ изъ веществъ, встрѣчающихся и у насъ и вполнѣ вѣсомыхъ въ нашихъ лабораторіяхъ; а въ одномъ случаѣ оказалось даже возможнымъ на основаніи прямого наблюденія составить нѣкоторое понятіе о плотности газовъ, непосредственно прилегающихъ къ ядру. Очень удобный случай представила въ этомъ отношеніи іюльская комета 1881 г. Въ теченіи трехъ вечеровъ можно было наблюдать, какъ она двигалась передъ неподвижными звѣздами, свѣтъ которыхъ на пути къ намъ проходилъ сквозь туманную массу ея головы. Если окружающіе ядро газы слѣдуютъ оптическимъ законамъ, найденнымъ въ нашихъ физическихъ лабораторіяхъ, то они должны отклонять проходящій черезъ нихъ свѣтъ звѣздъ отъ прямого направленія; по крайней мѣрѣ на землѣ еще не найдено прозрачнаго тѣла, которое не обнаруживало бы свѣтопреломляющаго дѣйствія. Величина послѣдняго зависитъ съ одной стороны отъ природы вещества, съ другой отъ его плотности въ данное время. Чтобы установить это отклоненіе, авторъ книги произвелъ въ указанные три вечера большое число возможно точныхъ измѣреній надъ измѣненіемъ разстояній между кометнымъ ядромъ и закрытыми кометой неподвижными звѣздами. Вычислительная разработка этихъ измѣреній, сдѣланная согласно теоріи Селлерье (Cellérier),

построенной спеціально для даннаго случая, дѣйствительно указала на существованіе такой „кометной рефракціи“, убывающей пропорціонально квадратамъ разстояній отъ ядра. Въ такой же зависимости должна уменьшаться и плотность газовъ, окружающихъ ядро, что впрочемъ и напередъ можно было считать вѣроятнымъ. А такъ какъ эта комета имѣла обычный углеводородный спектръ, то при допущеніи, что ея оболочка состоитъ изъ этиленоваго газа, свѣтопреломляющая сила котораго извѣстна, можно было вычислить, что давленіе его на разстояніи 10,200 километровъ отъ ядра равнялось семи тысячнымъ атмосферы. Подъ этимъ давленіемъ ртуть въ барометрѣ стояла бы на высотѣ 5 мм. Опредѣляя далѣе по видимой величинѣ головы кометы истинный объемъ ея первой туманной оболочки, можно было опять таки при предположеніи, что она состоитъ изъ углеводорода, приблизительно найти массу кометы. Оказалось, что 23,000 такихъ кометъ составили бы массу земли, 290 — массу луны и 120 — массу перваго спутника Юпитера. Но, вѣроятно, и эти результаты еще слишкомъ велики. Хотя всѣ приведенныя здѣсь числа, вслѣдствіе крайней незначительности выводимаго изъ наблюденій преломленія свѣта, могутъ считаться только грубыми приближеніями къ истинѣ, однако, несомнѣнно, что подобное отклоненіе все таки существуетъ, тогда какъ прежнія попытки узнать что нибудь о массѣ кометъ оставались безплодными. Этотъ результатъ лишній разъ подтверждаетъ то положеніе, что хотя кометы и представляютъ по своимъ размѣрамъ самыя крупныя свѣтила нашей солнечной системы, однако, онѣ построены такъ легко, что не могутъ играть какой либо замѣтной роли въ системѣ взаимодѣйствующихъ силъ вселенной. Онѣ не оказываютъ никакого дѣйствія на движенія постоянныхъ небесныхъ свѣтилъ; напротивъ, подъ вліяніемъ этихъ послѣднихъ онѣ сами часто такъ сильно отклоняются отъ своего пути, что ихъ первоначальныя параболическія орбиты превращаются въ эллиптическія, и такимъ образомъ кометы становятся періодическими.

Эти послѣднія по понятной причинѣ привлекаютъ особенный интересъ астрономовъ, такъ какъ являются дѣйствительно постоянными членами солнечной системы. Если всѣ эллиптическія кометы считать періодическими, то ихъ придется раздѣлить на три категоріи: именно, на кометы съ весьма большими эллипсами, возвращающіяся къ солнцу лишь черезъ многія столѣтія и даже тысячелѣтія; во вторыхъ на кометы съ меньшимъ періодомъ обращенія, вторичное появленіе которыхъ пока не наблюдалось, наконецъ на собственно періодическія кометы, которыя неоднократно и согласно вычисленіямъ наблюдались во время ихъ наибольшаго приближенія къ солнцу. Первая группа является переходною, такъ какъ во многихъ случаяхъ невозможно рѣшить, какія кометы отнести къ ней. Въ случаяхъ громадныхъ эллипсовъ вычисленіе становится менѣе и менѣе точнымъ; неизбѣжныя ошибки въ наблюденіяхъ, помноженныя на бо̀льшій множитель, сильнѣе отражаются на опредѣленіи времени обращенія. Мы уже познакомились съ нѣкоторыми интересными представителями этой группы, которые вмѣстѣ съ тѣмъ съ точностью можно было признать за кометы эллиптическія; это кометы 1807, 1881, 1882 гг. и др. Вообще же кометы этого рода представляютъ такой же интересъ, какъ и параболическія. Относительно послѣднихъ однако существуетъ мнѣніе, основанное на соображеніяхъ, изложенныхъ ниже, что всѣ онѣ на самомъ дѣлѣ обладаютъ весьма растянутыми эллиптическими орбитами, которыя на небольшомъ протяженіи, доступномъ нашему наблюденію, не отличаются отъ параболъ. Въ такомъ случаѣ всѣ кометы собственно должны принадлежать нашей солнечной системѣ и періодически возвращаться.

Для второй категоріи также трудно установить рѣзкую границу, до которой можно эллипсы принимать за несомнѣнные. Весьма замѣчательно,

что среди этихъ кометъ сильно преобладаютъ кометы съ сравнительно короткими періодами обращенія. Такимъ образомъ насчитывается весьма много кометъ, которыя, повидимому, приходятъ къ намъ изъ безконечности, затѣмъ весьма мало такихъ, которыя при своемъ наибольшемъ удаленіи отъ солнца (насколько это можно было вычислить) заходятъ далѣе орбиты Нептуна и также очень значительное число такихъ кометъ, почти вся орбита которыхъ лежитъ въ предѣлахъ нашей солнечной системы. Кромѣ того, при ближайшемъ изслѣдованіи обнаруживается замѣчательный фактъ, что почти всѣ кометы, постоянно принадлежащія къ солнечной системѣ, имѣютъ въ своихъ орбитахъ точку, общую съ орбитой какой либо планеты, или по крайней мѣрѣ обѣ орбиты почти пересѣкаются. Такихъ кометъ, включая кометы, принадлежащія и къ послѣдней категоріи, на которыхъ это явленіе наблюдалось уже неоднократно, извѣстно 70. Если ихъ распредѣлить по планетнымъ орбитамъ, съ которыми они имѣютъ такую общую точку пересѣченія, то придется на

Меркурія	4 кометы	Юпитеръ	23 кометы
Венеру	7 „	Сатурнъ	9
Землю	10 „	Уранъ.	8 „
Марсъ	4 „	Нептунъ	5 „

Замѣчательно, что до Юпитера эти числа находятся приблизительно въ прямомъ отношеніи къ величинамъ планетъ. Если же это соотношеніе становится незамѣтнымъ за Юпитеромъ, то въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго, такъ какъ столь большія орбиты въ большинствѣ случаевъ отодвигаютъ очень далеко свои перигеліи и можетъ случиться, что мы не увидимъ свѣтила ни въ одной части его орбиты. Уже опираясь на сопоставленныя числа, мы въ правѣ предполагать, что планеты могутъ оказывать нѣкоторое вліяніе на кометы, именно съуживать ихъ орбиты. Иначе нельзя объяснить того факта, что почти всѣ кометы этихъ обѣихъ группъ имѣютъ указанныя выше точки пересѣченія. Даже четыре исключенія изъ этого правила подтверждаютъ его, если сдѣлать одно допущеніе, которое имѣетъ за себя нѣкоторыя основанія. Именно, всѣ эти четыре кометы пересѣкаютъ общую плоскость планетныхъ орбитъ на разстояніи приблизительно въ 70 астрономическихъ единицъ, т. е. нѣсколько дальше двойного отстоянія крайней планеты, Нептуна, отъ центра системы. Если принимать вышеизложенное правило Боде (см. стр. 159) относительно планетныхъ разстояній, то приблизительно на разстояніи въ 70 единицъ должна существовать еще одна планета, которую мы не можемъ видѣть только изъ-за ея громадной отдаленности. Эти четыре кометы являются, вѣроятно, правдивыми указаніями на существованіе предполагаемаго небеснаго тѣла, занептунической планеты, открытіе которой впослѣдствіи можетъ представить одну изъ замѣчательнѣйшихъ главъ „астрономіи невидимаго“.

Здѣсь мы опять должны забѣжать нѣсколько впередъ, такъ какъ плѣненіе кометъ планетами надо приписать вліянію всеобщей силы тяготѣнія, управляющей всѣми движеніями свѣтилъ и дѣйствующей во всѣхъ тѣлахъ пропорціонально ихъ массамъ.

Два свѣтила, орбиты которыхъ пересѣкаются, могутъ послѣ извѣстнаго числа оборотовъ, случайно оказаться одновременно по близости отъ точки пересѣченія своихъ орбитъ. Тогда взаимнымъ притяженіемъ они произведутъ другъ на друга дѣйствіе, величина и характеръ котораго могутъ быть весьма точно опредѣлены вычисленіемъ, если только извѣстны массы свѣтилъ и положеніе ихъ въ пространствѣ. Въ полномъ соотвѣтствіи съ нашимъ статистическимъ выводомъ, теорія выяснила, что подобныя дѣйствія планетъ на кометы, несомнѣнно, должны существовать. Подъ вліяніемъ ихъ первоначально сходныя орбиты кометъ превращаются въ эллип-

тическія. Но изъ 70 или правильнѣе 74 плѣненныхъ такимъ образомъ кометъ только о 17 можно съ точностью утверждать, что онѣ вполнѣ уже стали членами нашей солнечной системы, всѣ же остальныя наблюдались въ перигеліи не болѣе одного раза. Причины этого чрезвычайно разнообразны. Значительное число такихъ кометъ со времени своего появленія согласно вычисленіямъ не могли еще возвратиться, другія обладали слишкомъ слабымъ свѣтомъ или не подходили къ землѣ во время своихъ возвращеній столь же близко, какъ при ихъ открытіи, и потому обнаружить ихъ снова не удавалось, хотя, быть можетъ, онѣ и находились какъ разъ на заранѣе вычисленномъ мѣстѣ. Но есть между ними и такія, которыя не были найдены по непонятнымъ причинамъ, а непоявленіе иныхъ объясняется тѣми же самыми причинами, которыя когда то привели къ уменьшенію ихъ орбитъ.

Къ этимъ послѣднимъ принадлежитъ комета Лекселя. Она была открыта 14 іюня 1770 г. Мессье (Messier) въ видѣ незначительной, невидимой для невооруженнаго глаза звѣзды; въ этомъ же видѣ она скрылась изъ виду 2 октября того же года. Хотя видъ этой кометы не представлялъ ничего замѣчательнаго, однако теоретическое изслѣдованіе ея орбиты, въ которомъ приняли участіе извѣстнѣйшіе вычислители какъ прошлаго, такъ и нынѣшняго столѣтій, привело къ нѣкоторымъ неожиданнымъ результатамъ. Сперва Лексель нашелъ, что наблюденія удовлетворяются эллипсомъ съ періодомъ обращенія въ $5^1/_2$ лѣтъ. Подобный случай не имѣлъ себѣ до того времени ничего подобнаго, такъ какъ изъ періодическихъ кометъ тогда извѣстна была только комета Галлея, которая описываетъ гораздо большій эллипсъ. Хотя теорія не допускала иного времени обращенія, однако нельзя было вполнѣ довѣриться этому результату, такъ какъ комета ни до, ни послѣ появленія ни разу не была болѣе видима, несмотря на то, что при своемъ возвращеніи она должна была не разъ подойти къ землѣ на столь же близкое разстояніе, какъ и во время ея открытія.

Чтобы выяснить таинственную причину полнаго исчезновенія кометы, Клаузенъ, Леверрье, Брюнновъ и др. предприняли обширныя вычисленія. Изъ нихъ работы французскаго ученаго, вычислительному таланту котораго мы обязаны открытіемъ Нептуна, представляютъ образецъ астрономическаго вычислительнаго искусства. Оказалось, что комета тремя годами раньше своего открытія, т. е. въ 1767 г., прошла весьма близко мимо Юпитера, даже вѣроятно вторглась въ систему его спутниковъ. Поэтому движеніе ея испытало значительныя возмущенія, при чемъ ея первоначально очень большая орбита, слѣдуя по которой она не могла бы достаточно близко подойти къ землѣ, и быть обнаруженной, превратилась въ малый эллипсъ, который и былъ вычисленъ. Затѣмъ плѣненное свѣтило, вѣроятно, въ 1775 г., слѣдуя новому пути, вернулось опять къ солнцу, не будучи нами замѣченнымъ, а въ 1779 г. оно снова подошло чрезвычайно близко къ Юпитеру, но на этотъ разъ возмущенія его орбиты, какъ вполнѣ точно показали вычисленія, были такого рода, что комета испытала дѣйствіе противоположное тому, что въ 1767 г. Орбита ея снова превратилась въ большой эллипсъ, и такимъ образомъ отодвинулась отъ областей, близкихъ къ землѣ. Къ послѣдней эта комета подходила ближе, чѣмъ какая либо другая. Ея разстояніе отъ насъ 1 іюля 1770 года равнялось всего 363 земнымъ радіусамъ или шести луннымъ разстояніямъ. Можно было вычислить, что если бы притяженіе кометы равнялось земному, то движеніе земли было-бы настолько нарушено, что періодъ обращенія ея вокругъ солнца, т. е. длина года, измѣнилась бы приблизительно на 3 часа. Но такъ какъ никакого измѣненія не произошло, а измѣненіе больше чѣмъ въ 2 секунды было бы тотчасъ обнаружено, то оказалось, что притяженіе кометы было никоимъ

образомъ не больше одной пятитысячной части притяженія земли, а вѣроятно еще гораздо менѣе. Къ тому же заключенію приводитъ и тотъ фактъ, что комета при двухъ прохожденіяхъ черезъ систему Юпитера не произвела ни малѣйшаго, замѣтнаго для насъ измѣненія въ движеніяхъ четырехъ спутниковъ Юпитера. Подобныя приближенія испытывали и нѣкоторыя другія кометы, такъ напр, комета Брукса 16 іюля 1886 почти задѣла за поверхность Юпитера.

Хотя 17 изъ указанныхъ уже плѣненныхъ кометъ наблюдались неоднократно, согласно вычисленіямъ, при ихъ возвращеніяхъ къ солнцу, однако, не всѣ онѣ оказались вполнѣ точными. Самой знаменитой и, насколько намъ извѣстно, самой старой изъ собственно періодическихъ кометъ, является уже много разъ названная комета Галлея. Она обладаетъ изъ всѣхъ свѣтилъ этого рода наибольшимъ временемъ обращенія ($76^1/_3$ лѣтъ) и представляется самою замѣтною и яркою изъ нихъ. Отъ всѣхъ прочихъ кометъ она отличается еще тѣмъ, что движеніе ея происходитъ въ направленіи противоположномъ движенію планетъ. Хотя такимъ обратнымъ движеніемъ обладаютъ и еще весьма многія обыкновенныя кометы; но среди періодическихъ такого явленія болѣе не наблюдается. Комета приближается къ солнцу, но разстояніе только немногимъ болѣе половины земного, но за то въ „афеліи“, т. е. въ наибольшемъ разстояніи отъ солнца, она удаляется отъ послѣдняго на 35,4 радіуса земной орбиты; такимъ образомъ она даже нѣсколько выходитъ за предѣлы орбиты Нептуна.

Періодичность этой кометы открыта Галлеемъ, когда онъ предпринялъ вычисленіе орбитъ 24 кометъ по формуламъ Ньютона. Орбита незадолго передъ тѣмъ появившейся кометы 1682 г. оказалась вполнѣ сходной съ орбитами кометъ 1607 и 1531 гг., а промежутки между указанными сроками оказались равными, такъ что въ тождествѣ этихъ кометъ нельзя было сомнѣваться. Такъ какъ эту комету, имѣющую хвостъ длиною почти въ 20 градусовъ, прекрасно можно видѣть невооруженнымъ глазомъ, то понятно, что при каждомъ возвращеніи она привлекала всеобщее вниманіе; поэтому возвращенія ея можно прослѣдить безъ пробѣловъ и съ достаточною увѣренностью даже до 12 года до Р. Х. Послѣ появленія въ 1682 г. вычислители сдѣлали попытку точнѣе предсказать напередъ ея ближайшее появленіе. Клеро (Clairaut), уже 18 лѣтъ бывшій членомъ Парижской академіи, посвятилъ цѣлый годъ кропотливому вычисленію движенія кометы; въ этомъдѣлѣ ему много помогла г-жа Лепотъ (Lepaute), жена знаменитаго въ то время часовщика, которая этимъ навсегда оставила свое имя въ исторіи вычислительной астрономіи. 14 ноября 1758 г., всего за 5 мѣсяцевъ до ожидаемаго возвращенія кометы, Клеро представилъ академіи результаты ихъ общей работы, гдѣ прохожденіе кометы черезъ перигелій назначалось, съ ошибкой въ одинъ мѣсяцъ, на 13 апрѣля 1759 г. Крестьянинъ Паличъ (Palitzsch) изъ Пролица (Prolitz) близъ Дрездена, подобно только что названнымъ, человѣкъ рѣдкихъ способностей (Гершель въ своихъ „Outlines“ говоритъ о немъ: a peasant by station, an astronomer by nature *), въ день Рождества 1758 г., нашелъ комету послѣ систематическихъ поисковъ, предпринятыхъ исключительно съ этою цѣлью. Дальнѣйшее движеніе кометы показало, что она достигла наибольшей близости къ солнцу 12 марта 1759 г.; такимъ образомъ это число отличалось отъ найденнаго теоретически не болѣе, чѣмъ на одинъ мѣсяцъ, какъ и было указано при вычисленіи. Это новое появленіе дало несравненно лучшій матеріалъ для предсказанія слѣдующаго возвращенія кометы, котораго надо было ждать въ 1835 г. И дѣйствительно на этотъ разъ, къ полному

*) „Крестьянинъ по общественному положенію, астрономъ по натурѣ“.

удовлетворенію изслѣдователей, было получено почти совершенное совпаденіе между наблюденіемъ и разсчетомъ. Вычисленіе было произведено разными лицами, независимо другъ отъ друга. Наиболѣе приблизился къ истинѣ Понтекуланъ (Pontécoulant), назначившій прохожденіе черезъ перигелій на 15 ноября, т. е. однимъ днемъ ранѣе: Розенбергеръ (Rosenberger) ошибся въ своихъ разсчетахъ въ ту же сторону на 5 дней. Ранѣе всѣхъ замѣтилъ комету въ этомъ году, 6 августа, Дюмушель (Dumouchel) на папской обсерваторіи въ Римѣ. Принимая во вниманіе большую точность, съ которою это интересное свѣтило слѣдовало теоретическимъ разсчетамъ, почти нельзя сомнѣваться въ томъ, что оно снова, слѣдуя предсказанію Понтекулана, пройдетъ черезъ перигелій 17 мая 1910 г. Это единственный случай, когда астрономы могутъ предсказать появленіе кометы, видимой на всемъ земномъ шарѣ, съ такой же точностью, съ какою, напр., предсказываются затменія.

До 1884 г. комета Галлея оставалась единственною періодическою кометой со столь продолжительнымъ, около 75 лѣтъ, періодомъ обращенія. Но въ указанный годъ прошло черезъ перигелій другое такое же свѣтило. Хотя это прохожденіе также ожидалось, но оно было предсказано далеко не съ тою точностью, какъ для кометы Галлея. Мы говоримъ объ открытой въ 1812 г. Понсомъ (Pons) телескопической кометѣ, періодичность которой первый призналъ Энке, предсказавшій ея возвращеніе въ 1883 году. Впослѣдствіи парижскіе астрономы-вычислители, Шульгофъ (Schulhof) и Боссеръ (Bossert), провѣрили вычисленіе и издали толстый, весь наполненный цифрами томъ, который предназначался лишь для того, чтобы облегчить отысканіе свѣтила. Но 1 сентября 1883 г. американскій искатель кометъ Бруксъ (Brooks) случайно замѣтилъ движущуюся туманность, которая затѣмъ по вычисленіямъ оказалась искомой кометой. На этотъ разъ комета подошла къ землѣ ближе, чѣмъ въ 1812 г., и поэтому въ теченіе нѣкотораго времени могла быть видима просто глазомъ, хотя оставалась мало замѣтной. Ея возвращеніе произошло 9-ю мѣсяцами позже, чѣмъ предсказывалъ Энке, и 7-ю мѣсяцами раньше срока, указаннаго парижскими астрономами. Такое недостаточно полное согласіе, впрочемъ, объясняется въ данномъ случаѣ неточностью наблюденныхъ данныхъ, служившихъ для вычисленія, такъ что ея третье возвращеніе, въ 1954 г., вѣроятно, уже лучше будетъ согласоваться съ вычисленіемъ. Эта комета можетъ приблизиться къ солнцу до 0,775 астрономической единицы, т. е. немного ближе Венеры, а удаляется до 33,67; такъ что ея орбита, какъ и кометы Галлея, простирается за предѣлы орбиты Нептуна.

Три года спустя къ этимъ двумъ кометамъ присоединилась еще третья, открытая 6 марта 1815 г. Ольберсомъ (Olbers) въ Бременѣ; Гаусъ и Бессель признали ее затѣмъ за періодическую съ временемъ обращенія приблизительно въ 74 года. Наиболѣе полную разработку ея элементовъ сдѣлалъ Гинцель (Ginzel), который опредѣлилъ время обращенія этой кометы; вслѣдствіе неточности наблюденія оно колебалось отъ 72,3 до 75,7 лѣтъ. Послѣ продолжительныхъ и тщетныхъ поисковъ этой слабой кометы, ее нашелъ опять Бруксъ 24 августа 1887 г. Вычисленіе дало для времени обращенія число 72,5 года, которое такимъ образомъ вполнѣ совпало съ наименьшимъ предѣломъ указаннаго приближенія. Новое появленіе кометы ожидается въ 1960 г. Ея кратчайшее разстояніе отъ солнца равно 1,2 нашего, наибольшее же почти такое же, какъ у предыдущей кометы (см. рис. на табл. I, фиг. d).

Дальше на таблицѣ періодическихъ кометъ замѣчается большой скачекъ во времени обращенія: слѣдующая по величинѣ послѣдняго комета имѣетъ періодъ обращенія всего въ 13,76 года, это комета Тётля (Tuttle).

Названный наблюдатель открылъ ее 4 января 1858 г. и вскорѣ затѣмъ убѣдился, на основаніи предварительнаго вычисленія ея орбиты, что она должна быть тождественной съ кометой, которую видѣлъ въ 1790 г. Мешенъ (Méchain). Оказалось, что комета въ этотъ промежутокъ времени четыре раза возвращалась къ солнцу, хотя и не была замѣчена по своей незначительности. Вычисленія Тишлера (Tischler) показали затѣмъ, что слѣдующее прохожденіе черезъ перигелій надо ожидать ночью 1 декабря 1871 г., но въ дѣйствительности оно произошло утромъ 2-го числа. Второе предсказаніе на 11 сентября 1885 г. Ратса (Rahts) въ Кенигесергѣ еще болѣе точно согласовалось съ дѣйствительностью.

Остальныя 13 періодическихъ кометъ всѣ принадлежатъ къ одной и той же группѣ кометъ Юпитера, т. е. онѣ стали постоянными членами солнечной системы, благодаря вліянію этой планеты. Изъ чертежа на стр. 232, гдѣ нанесены орбиты всѣхъ кометъ этой группы, включая сюда и тѣ, появленіе которыхъ наблюдалось лишь однажды, сразу видно, что только орбиты немногихъ кометъ замѣтно выходятъ за предѣлы орбиты Юпитера; далѣе другихъ выходитъ за этотъ предѣлъ орбита кометы Деннинга, наблюдавшейся лишь однажды въ 1881 г.; а комета Энке ближе всѣхъ подходитъ къ солнцу и вообще обладаетъ наименьшимъ эллипсомъ.

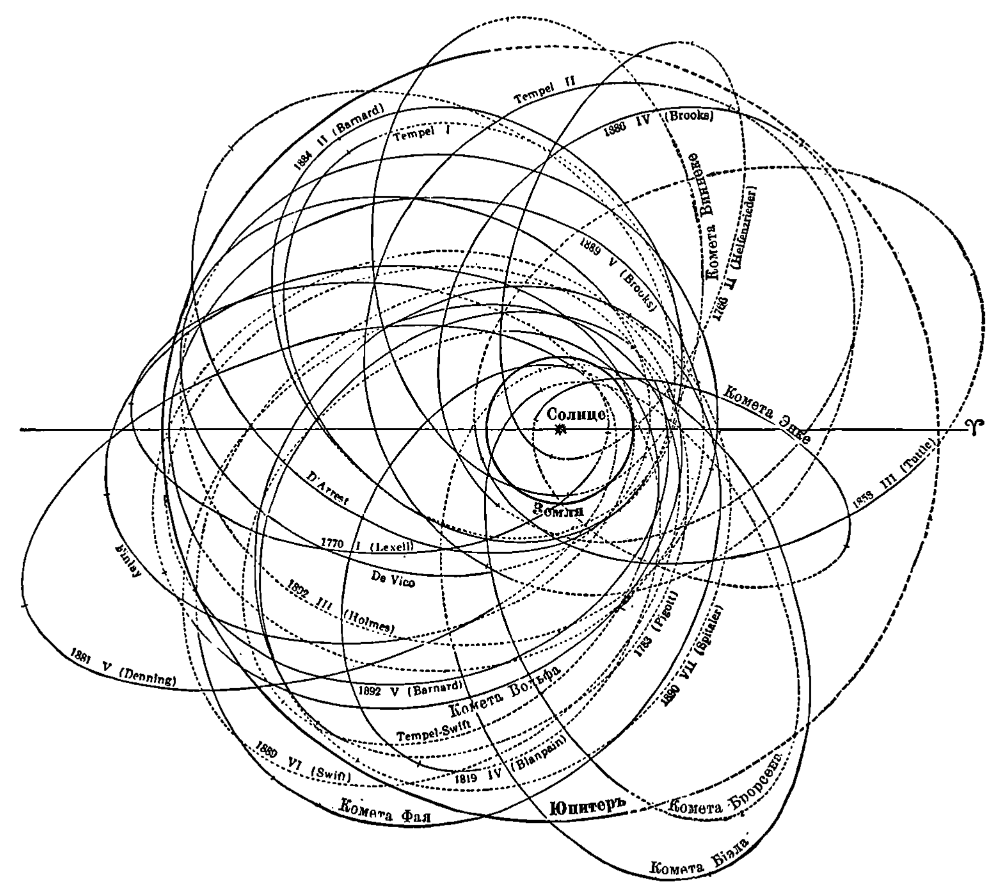
13 кометъ этой группы, наблюдавшіяся неоднократно, суть слѣдующія:

НАЗВАНІЕ	Послѣднее прохожденіе чрезъ перигелій		Время обращенія въ годахъ	Разстояніе отъ солнца		Число возвращеній
	Годъ	Мѣсяцъ, число		наименьшее	наибольшее	
Фая.	1895		7,56	1,738	5,970	8
Брукса .	1896	4 ноября	7,10	1,959	5,427	2
Вольфа . . .	1891	3 сентября	6,82	1,593	5,601	2
Д'Арре .	1890	17 сентября	6,69	1,324	5,778	5
Финлея. .	1893	12 іюля	6,63	0,989	6,064	2
Біелы . . .	1852	24 сентября	6,60	0,860	6,167	6
Темпля I. .	1879	7 мая	6,51	2,073	4,897	3
Де Вико-Э. Свифта	1894	12 октября	5,86	1,392	5,111	3
Виннеке	1892	1 іюля	5,82	0,886	5,583	6
Темпля-Л. Свифта.	1891	15 ноября	5,53	1,087	5,171	3
Брорзена	1879	31 марта	5,46	0,588	5,610	5
Темпля II .	1894	23 апрѣля	5,22	1,351	4,666	3
Энке	1895	5 февраля	3,30	0,341	4,095	27

Большинство этихъ кометъ со времени ихъ открытія возвращалось съ точностью, заключающеюся въ предѣлахъ возможныхъ ошибокъ въ вычисленіи. О томъ исключеніи, какое въ этомъ отношеніи представила комета Энке, мы уже говорили. По мнѣнію Оппольцера (Oppolzer) въ Вѣнѣ, на движеніи кометы Виннеке будто бы сказывается сопротивленіе мірового эфира, то же замѣтилъ и Мöллеръ (Möller) въ Лундѣ на кометѣ Фая; но оба предположенія впослѣдствіи не нашли достаточнаго подтвержденія.

Двѣ кометы, указанныя въ данномъ спискѣ, нѣкоторое время возвращались весьма правильно, но затѣмъ исчезли: это кометы Біэлы и Брорзена. Послѣдняя была открыта 26 февраля 1846 г. въ Килѣ Брорзеномъ; это была телескопическая, довольно слабо свѣтящаяся комета. Брюнновъ и Д'Арре (D'Arrest) первые указали на ея періодичность и вычислили срокъ ея ближайшаго прохожденія черезъ перигелій на 26 сентября 1851 г. Въ этомъ году, однако, ее не нашли; правда, ее и искали не особенно ста-

рательно. Но 18 марта 1857 ее открылъ снова Брунсъ (Bruns) и вычисленіемъ доказалъ ея тождественность съ кометой 1846 г. Слѣдующее ея прохожденіе черезъ перигелій должно было произойти 12 октября 1862 г., но и на этотъ разъ комета не была обнаружена, что, впрочемъ, также не удивительно, потому что и на этотъ разъ астрономы не особенно внимательно интересовались ею. Но затѣмъ прослѣживаніе періодическихъ кометъ посредствомъ вычисленія и наблюденій было лучше организовано, и Брунсъ



Группа кометъ Юпитера. См. текстъ, стр. 231.

занялся кометой Брорзена. По его вычисленію ближайшее ея прохожденіе чрезъ перигелій должно было произойти 18 апрѣля 1868. Послѣ того какъ ее снова удалось наблюдать 11 апрѣля Шмидту въ Аѳинахъ, а 12 апрѣля самому Брунсу, оказалось, что комета вернулась къ наименьшему разстоянію отъ солнца всего на одинъ день раньше, чѣмъ было вычислено. Такимъ же точно образомъ она возвратилась въ 1873 и въ 1879 гг., но теперь былъ обнаруженъ слѣдующій замѣчательный фактъ: время обращенія, опредѣленное на основаніи появленій въ 1868 и 1873 гг., не согласовалось со временемъ обращенія, выведеннымъ изъ этого послѣдняго возвращенія и появленія въ 1879 г. Обширныя вычисленія по этому поводу были сдѣланы Шульце въ Дöбельнѣ и Лампомъ (Lamp) въ Килѣ; оказалось, что движеніе кометы подверглось замедленію, которое, однако, противоположно дѣйствію проблематической сопротивляющейся среды. Вліяніе послѣдней должно несомнѣнно приближать тѣла къ солнцу, а комета Брорзена отъ него уда-

лилась. Въ 1884 г. комета должна была вернуться, но она находилась въ неблагопріятныхъ для наблюденія условіяхъ и по этой причинѣ или по другимъ, не была открыта. Значительно благопріятнѣе было положеніе кометы въ 1890 г.; пожалуй даже оно было самымъ благопріятнымъ изъ всѣхъ ея появленій, за исключеніемъ того, когда она была впервые открыта въ 1846 г.; ея положеніе было во всякомъ случаѣ лучше прежняго, когда Шмидтъ въ Аѳинахъ могъ нѣкоторое время наблюдать ее даже невооруженнымъ глазомъ. И тѣмъ не менѣе, несмотря на самые тщательные поиски при помощи инструментовъ, значительно превосходившихъ прежніе, примѣнявшіеся при первыхъ ея появленіяхъ, комета не была найдена. Между прочимъ Бернердъ въ Ликской обсерваторіи обслѣдовалъ при помощи 12-дюймоваго рефрактора область неба, гдѣ было указано мѣсто появленія кометы, на такомъ большомъ пространствѣ, что даже теоретически недопустимая ошибка, въ сто разъ превосходящая возможную, не могла бы помѣшать нахожденію кометы. Въ Пулковѣ около С.-Петербурга работалъ въ этомъ направленіи Ренцъ съ 15-дюймовымъ рефракторомъ, а Шпиталеръ (Spitaler) въ Вѣнѣ даже съ громаднымъ 26-дюймовымъ, но комета не была разыскана.

Мыслимы лишь два объясненія этого страннаго исчезновенія: или комета испытала какое-то неизвѣстное возмущеніе, совершенно измѣнившее ея орбиту, такъ что комета не могла уже болѣе приблизиться къ землѣ, или яркость ея настолько уменьшилась, что даже для самыхъ сильныхъ современныхъ телескоповъ она оказалась слишкомъ слабо свѣтящеюся, хотя и слѣдовала по вычисленному пути. Оба предположенія имѣютъ свои основанія. Всѣ наблюдатели удивлялись необыкновеннымъ для телескопической кометы измѣненіямъ силы свѣта и размѣровъ кометы Брорзена. Бóльшею частью она представлялась расплывчатою туманною массою съ едва замѣтнымъ сгущеніемъ въ серединѣ, яркость котораго при приближеніи къ солнцу быстро усиливалась, но затѣмъ еще скорѣе это сгущеніе снова блѣднѣло и расплывалось. Туманная масса кометной оболочки какъ будто сильно рѣдѣла и затѣмъ часто обнаруживала присутствіе мерцающихъ блестящихъ точекъ, совершенно незамѣтныхъ ранѣе. Также точно въ промежутки времени отъ одного появленія до слѣдующаго наблюдались несомнѣнныя измѣненія яркости кометы, которыя не могутъ быть объяснены однимъ только измѣненіемъ ея положенія. Шмидтъ говоритъ объ этой кометѣ, что такого внезапнаго ослабленія блеска послѣ прохожденія черезъ перигелій ему не случалось видѣть еще ни на одной изъ 50 наблюденныхъ имъ кометъ. Поэтому можно полагать, что во внутренности кометы совершались особые процессы, которыми можно было бы объяснить и ея полное исчезновеніе. Лампъ склоняется къ этому мнѣнію и полагаетъ, что истеченія матеріи, хотя не замѣченныя у этой кометы, но вполнѣ допустимыя могли обусловить какъ колебанія въ силѣ свѣта, такъ и замедленіе во времени обращенія, о которомъ была рѣчь выше. Если при истеченіяхъ комета теряетъ часть матеріи, разсѣивающейся въ міровомъ пространствѣ, то съ этимъ необходимо должны быть связаны и явленія отталкиванія, которыя наблюдаются при всѣхъ истеченіяхъ, напр., воды, пара, электричества и т. п. А если истеченіе происходитъ по направленію къ солнцу, что обыкновенно и наблюдается на кометахъ, то и обратное дѣйствіе должно сказаться въ томъ именно смыслѣ, какъ оно обнаруживается на земедленіи кометы Брорзена.

Но въ данномъ случаѣ можно съ вѣроятностью предположить дѣйствіе и другой причины, способной вызвать необыкновенно сильныя нарушенія. Именно путь кометы пролегаетъ весьма близко отъ орбитъ Венеры, Юпитера и нѣкоторыхъ малыхъ планетъ. Могло случиться, что свѣтила, движущіяся по этимъ орбитамъ, сами приближались къ кометѣ. Съ Юпи-

теромъ, напр., это произошло за четыре года до открытія кометы, 27 мая 1842 г. Въ этотъ день разстояніе между обоими свѣтилами по вычисленію равнялось всего 0,055 единицы, т. е. около 8 милліоновъ километровъ. Само собою очевидно, что дѣйствія тяготѣнія, возникающія при такихъ приближеніяхъ, необходимо принимать въ разсчетъ со всею возможною точностью. Къ несчастью, здѣсь неизбѣжны и большія ошибки, о которыхъ будетъ рѣчь во второмъ отдѣлѣ; мы увидимъ далѣе, что въ пространствѣ существуютъ скопленія веществъ, которыя становятся для насъ видимыми лишь при самыхъ исключительныхъ условіяхъ, но которыя могутъ сильно измѣнить путь кометы, въ случаѣ, если послѣдняя пройдетъ отъ нихъ въ очень близкомъ сосѣдствѣ. Только будущее позволитъ сдѣлать выборъ между той и другой причиной; впрочемъ, быть можетъ, онѣ дѣйствуютъ и одновременно.

Исторія другой исчезнувшей кометы, кометы Біелы, причину исчезновенія которой удалось случайно изучить нѣсколько точнѣе, проливаетъ въ высшей степени интересный свѣтъ на тѣ условія, при которыхъ, быть можетъ, произошло исчезновеніе и только что разсмотрѣнной нами кометы. Въ 1772 году наблюдалась телескопическая комета, ничѣмъ особенно не замѣчательная; затѣмъ 10 ноября 1805 г. она была снова открыта Понсомъ и по вычисленію ея орбиты, въ которомъ принимали между прочимъ участіе Бессель и Гаусъ, признана тождественной съ кометой 1772 года. При этомъ для нея вычисленъ былъ эллипсъ съ періодомъ обращенія въ $6^1/_2$ лѣтъ; если вычисленіе было правильно, то комета должна была снова возвратиться къ солнцу въ 1826 году. Австрійскій капитанъ Біела, стоявшій въ то время съ гарнизономъ въ Іозефштадтѣ въ Богеміи, зналъ это и съ величайшимъ вниманіемъ при помощи небольшого инструмента слѣдилъ за появленіемъ ожидаемой гостьи; разсказываютъ даже, будто онъ выучилъ часовыхъ искать комету. Старанія его увѣнчались блестящимъ успѣхомъ; 27 февраля 1826 г. онъ снова открылъ это свѣтило, пріобрѣвшее впослѣдствіи такую извѣстность. Онъ же самъ вычислилъ и орбиту новаго появленія кометы и установилъ съ несомнѣнностью тождественность кометы съ предыдущими. Независимо отъ него 10 дней спустя открылъ эту комету французскій искатель кометъ Гамбаръ (Gambart) въ Марселѣ, но совершенно случайно, безъ спеціальныхъ поисковъ, и вычислилъ ея орбиту. Поэтому французы, хотя совершенно несправедливо, называли эту комету до послѣдняго времени кометой Гамбара. Въ 1832 г. она возвратилась снова, согласно предсказанію и довольно точно. Однако, на этотъ разъ ея появленіе не мало взволновало весь свѣтъ. Именно вычисленіе показало, что орбита кометы почти вполнѣ точно должна пересѣчь орбиту земли. Если бы оба небесныхъ тѣла сошлись одновременно въ точкѣ пересѣченія, то столкновеніе, дѣйствительно, было бы неизбѣжно, а отъ такого столкновенія, въ особенности при недостаточныхъ знаніяхъ того времени о природѣ кометъ, люди въ правѣ были ждать ни болѣе, ни менѣе, какъ кончины міра. Правда, описанныя въ началѣ главы суевѣрія относительно кометъ уже давно уступили мѣсто страху передъ возможнымъ столкновеніемъ съ подобнымъ небеснымъ тѣломъ, но катастрофа во всякомъ случаѣ была возможна. Такъ, еще въ 1783 г. изъ за этого весь Парижъ былъ объятъ ужасомъ. Тогда знаменитый Лаландъ предполагалъ прочесть въ Академіи лекцію о кометахъ, которыя могутъ приближаться къ землѣ. Неизвѣстно откуда, распространились слухи, что лекція ученаго запрещена полиціей, такъ какъ въ ней онъ предсказываетъ конецъ свѣта, который долженъ наступить 12 мая того года отъ столкновенія земли съ кометой. Хотя рѣчь была скоро напечатана и въ ней не оказалось ничего подобнаго, однако, умы не могли успокоиться. „Отъ этого пустого слуха распространился такой паническій

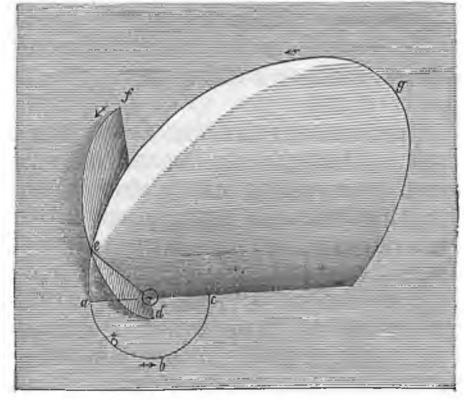
страхъ, что не только весь Парижъ съ трепетомъ ожидалъ назначеннаго дня, но были даже случаи смерти отъ страха, разныхъ нервныхъ заболѣваній и проч., а недостойные представители духовенства, предлагая за хорошія деньги полное отпущеніе грѣховъ, прекрасно обдѣлывали свои дѣла" (Вольфъ, Исторія астрономіи). Самъ великій геометръ Лапласъ не могъ въ свое время удержаться отъ того, чтобы не описать самыми мрачными красками послѣдствій подобной катастрофы: „Чувство ужаса, которое вселяло нѣкогда появленіе кометы, уступило мѣсто страху, что среди большого числа кометъ, проносящихся сквозь солнечную систему по всѣмъ направленіямъ, можетъ оказаться такая, которая столкнется съ землею; и въ самомъ дѣлѣ дѣйствіе подобнаго столкновенія не трудно себѣ представить. Положеніе оси и характеръ вращенія земли должны измѣниться; море покинуло бы свое теперешнее ложе и устремилось бы къ новому экватору; люди и животныя погибли бы въ этомъ всемірномъ потопѣ, если бы только они могли уцѣлѣть отъ страшнаго толчка, полученнаго земнымъ шаромъ. Всѣ народы были бы уничтожены, всѣ памятники человѣческаго ума разрушены, если бы масса кометы, вызвавшей толчекъ, оказалась сравнимою съ массою земли".

Послѣднее соображеніе относительно сравнимости массы кометы съ земною должно было и въ то время оказать весьма успокоительное дѣйствіе на астрономовъ, такъ какъ ничтожность кометныхъ массъ была уже и тогда внѣ всякаго сомнѣнія, однако, большинство не придавало вѣры теоретическимъ выводамъ, пока не было никакихъ наглядныхъ доказательствъ. Нѣтъ сомнѣнія, что даже масса, въ астрономическомъ смыслѣ ничтожно малая,—напр. каменный шаръ, поперечникомъ всего въ одинъ километръ,—ударившись о нашу родную планету со скоростью нѣсколькихъ километровъ въ секунду, могла бы вызвать полную катастрофу для всего живущаго на землѣ и однако, въ системѣ небесныхъ движеній такое столкновеніе не оставило бы и слѣда. Даже не приходя въ непосредственное соприкосновеніе съ землею, а только пролетѣвъ вблизи ея, такое тѣло могло бы силою своего притяженія вызвать столь сильное поднятіе морской воды, что огромная волна прилива, произведеннаго при этомъ, пронеслась бы по землѣ всемірнымъ потопомъ.

Ольберсъ въ Бременѣ, извѣстнѣйшій въ свое время знатокъ кометъ, по случаю ожидавшагося въ 1832 г. возвращенія кометы Біелы, указалъ на то, что 29 октября этого года комета пройдетъ такъ близко отъ орбиты земли, что послѣдняя пересѣчетъ ея туманную оболочку. Во всякомъ случаѣ при встрѣчѣ съ землею въ этой точкѣ пересѣченія, комета должна была оказаться въ тринадцать разъ ближе къ землѣ, чѣмъ луна. Ослѣпленные страхомъ или жаждой къ сенсаціоннымъ извѣстіямъ, люди упустили изъ виду это послѣднее обстоятельство; а изъ него было ясно видно, что хотя пути обоихъ небесныхъ тѣлъ сходились между собою очень близко, однако, въ тотъ моментъ, когда комета должна была пройти черезъ опасное мѣсто, ее отдѣляло бы отъ земли и ея робкихъ обитателей разстояніе въ 11 милліоновъ миль. Стоило много труда предотвратить на этотъ разъ замѣшательство, подобное уже описанному. Особенно успокоительное дѣйствіе оказала статья о данномъ предметѣ геніальнаго Литтрова, тогдашняго директора Вѣнской обсерваторіи. Изъ этой статьи заимствованъ нами рисунокъ (стр. 236), показывающій взаимное расположеніе орбитъ кометы Біелы, кометы Энке и земли; на немъ можно видѣть, что орбиты обѣихъ названныхъ кометъ также имѣютъ общую точку, въ которой кометы могли бы столкнуться.

Приводимъ слова Литтрова: „Если бы въ половинѣ нашего октября встрѣча обѣихъ кометъ произошла, то мы въ наши телескопы и даже просто глазомъ могли бы наблюдать еще невиданное зрѣлище борьбы, а мо-

жетъ быть и взаимнаго разрушенія обоихъ небесныхъ тѣлъ. Какъ бы ни было интересно для многихъ изъ насъ такое зрѣлище, однако, большинство, по старой привычкѣ, очень мало, вѣроятно, думало бы о томъ, что происходитъ въ столь большой дали передъ нашими глазами, хотя бы здѣсь дѣло шло объ уничтоженіи милліоновъ существъ и о гибели цѣлаго большого міра: вѣдь только бы намъ жилось хорошо и не приходилось бояться за свое драгоцѣнное существованіе. Но что бы сталось съ хваленымъ хладнокровіемъ этихъ людей, если бы они вдругъ услышали, что та же комета грозитъ имъ самимъ, что она можетъ очень невѣжливо нарушить ихъ собственный сонъ?“ Литтровъ показалъ, что хотя земля ежегодно 30 ноября проходитъ черезъ точку пересѣченія орбитъ (обозначенную на рис. буквой a), однако столкновеніе въ этомъ мѣстѣ возможно лишь тогда, когда прохожденіе кометы черезъ перигелій придется на 28 декабря. А такой случай, какъ показываетъ разсчетъ, возможенъ всего одинъ разъ въ 2500 лѣтъ. Ближайшій подобный случай можетъ наступить приблизительно въ 1933 году.



Положенія орбитъ земли, кометы Біэлы и кометы Энке: a, b, c) орбита земли, a, e, g) орбита кометъ Біелы, d, e, f) орбита кометы Энке. См. текстъ, стр. 235.

Какъ и слѣдовало ожидать, 1832-й годъ прошелъ безъ всякой катастрофы, и комета вновь удалилась отъ насъ, точно слѣдуя вычисленному пути. Въ слѣдующее возвращеніе ее нельзя было наблюдать, благодаря слишкомъ неблагопріятному положенію; но въ 1845 г. она появилась снова и на этотъ разъ повергла астрономовъ въ немалое удивленіе, такъ какъ почти на ихъ глазахъ испытала раздвоеніе. Сначала комета въ прежнемъ видѣ была замѣчена въ Римѣ и Берлинѣ 26 и 28 ноября; но уже въ концѣ декабря было обнаружено въ ея формѣ странное удлиненіе. 13 января 1846 г. Мори (Maury) въ Вашингтонѣ наблюдалъ ея расщепленіе, а 27 января Д'Арре ясно различилъ двѣ головы съ двумя параллельными хвостами, какъ изображено на фиг. g, на табл. II. Обѣ кометы продолжали спокойно двигаться рядомъ, причемъ отдѣлившаяся комета, въ началѣ очень малая, становилась все больше, другая же уменьшалась; какъ будто образовавшійся „отростокъ“ медленно всасывалъ въ себя материнское тѣло. При этомъ обѣ части оставались окруженными общей слабосвѣтящейся туманной массой. Въ такомъ видѣ въ 1852 г. обѣ кометы вернулись снова къ солнцу, только оказалось, что разстояніе между ними теперь значительно увеличилось (см. стр. 212). И на этотъ разъ обращало на себя вниманіе относительное измѣненіе въ яркости кометъ.

Въ послѣдній разъ это удивительное двойное свѣтило было наблюдаемо 28 января 1852 г. въ Пулковѣ. Съ тѣхъ поръ оно исчезло. При слѣдующемъ возвращеніи въ 1859 г. положеніе было неблагопріятно, въ 1865—66 г. гораздо лучше, но несмотря на долгіе поиски, комета не была найдена. Въ виду такой неудачи оставалось только предположить, что комета вслѣдствіе вторичнаго раздѣленія стала слишкомъ слабо свѣтящейся и перестала быть видимой, такъ какъ уже и въ 1852 г. обѣ части ея свѣтились весьма слабо. Поэтому для слѣдующаго ея появленія, которое должно было быть въ 1872 г., вычисленій не производилось: ее считали исчезнувшею навсегда.

Но какъ разъ въ 1872 г. это удивительное блуждающее свѣтило вновь напомнило о своемъ существованіи великолѣпнымъ фейерверкомъ, который

освѣтилъ ночное небо въ тотъ самый день, въ который земля ежегодно проходитъ точку пересѣченія орбитъ (со времени Литтрова онъ съ 30 ноября перемѣстился на 27-е.) Дождь падающихъ звѣздъ, какого, вѣроятно, не видѣли до тѣхъ поръ, привелъ въ восхищеніе весь міръ. Хорошо, что тогда еще никто не зналъ, что это чудесное явленіе есть ничто иное, какъ результатъ столкновенія земли по крайней мѣрѣ съ одной частью кометы Біелы, чего прежде такъ боялись; можетъ быть и въ нашъ просвѣщенный вѣкъ послѣ этого восхищеніе смѣнилось бы ужасомъ. Благодаря этому необычайному факту, связь между кометами и падающими звѣздами была установлена съ несомнѣнностью. И потому прежде чѣмъ объединять всѣ наши свѣдѣнія о кометахъ въ одну общую картину, намъ необходимо обратиться къ изученію падающихъ звѣздъ.

---

11. Космическіе метеоры и физическая природа кометъ.

Еще рѣзче, чѣмъ появленіе кометы, нарушаютъ величественное и спокойное теченіе процессовъ, совершающихся на небесномъ сводѣ, слѣдующія явленія: быстрое движеніе падающей звѣзды, вспыхиваніе огненнаго шара и паденіе при ясномъ небѣ метеорита, которое сопровождается даже громомъ. Поэтому нѣтъ ничего удивительнаго, что эти явленія гораздо дольше, чѣмъ кометы, считались предметами земными, и происхожденіе ихъ приписывалось нашей атмосферѣ или нашимъ вулканамъ. Дѣйствительно, наблюденіе убѣждало, что они совершаются въ предѣлахъ нашей атмосферы. И позднѣйшія точныя изслѣдованія вполнѣ подтвердили это заключеніе въ противоположность тому, къ чему привело развитіе нашихъ знаній о кометахъ.

Поэтому 100 лѣтъ тому назадъ даже въ самыхъ обширныхъ трактатахъ по астрономіи ничего не говорилось о явленіяхъ, разсматриваемыхъ въ настоящей главѣ. Даже въ трудѣ Боде, „Руководство къ изученію звѣзднаго неба“ (изданіе 1823 г.), въ свое время считавшемся превосходнымъ, всего двѣ страницы посвящены этимъ „воздушнымъ явленіямъ“; содержаніе этихъ страницъ можно вкратцѣ передать въ слѣдующихъ выдержкахъ: „Явленія падающихъ звѣздъ должны совершаться выше всѣхъ облаковъ, въ самой высокой области атмосферы, когда смѣсь легкихъ горючихъ веществъ внезапно воспламеняется тамъ подъ вліяніемъ электричества воздуха или отъ химическаго броженія и разложенія, и затѣмъ падаетъ отвѣсно внизъ... Такъ называемые, блуждающіе огни, факелы, горящіе столбы и другіе свѣтящіеся метеоры имѣютъ, вѣроятно, частью одинаковый характеръ съ падающими камнями и отличаются отъ нихъ только по величинѣ, частью же могутъ образоваться изъ густыхъ и тяжелыхъ испареній нижнихъ слоевъ воздуха. Эти испаренія издаютъ фосфорическій свѣтъ, вслѣдствіе броженія ихъ первичной матеріи, а отъ вѣтра принимаютъ различныя случайныя формы и движутся... Иногда эти явленія оказываются даже вовсе не метеорами, но происходятъ отъ нѣкоторыхъ свѣтящихся насѣкомыхъ, которыя часто въ ночное время перелетаютъ большими роями. Порой можно также видѣть ночью большіе огненные или блестящіе шары, проносящіеся быстро по воздуху... скорость ихъ во много разъ превосходитъ полетъ пушечнаго ядра. Поэтому новѣйшіе естествоиспытатели отказались отъ мнѣнія, что эти явленія происходятъ отъ испареній нашей атмосферы, и считаютъ ихъ (какъ уже нѣкогда Галлей) за особыя тѣла, которыя стягиваются вмѣстѣ подъ вліяніемъ силы тяготѣнія въ одно цѣлое тамъ и сямъ въ міровомъ пространствѣ и съ которыми земля встрѣчается на своемъ пути“.

Нынѣ приходится изумляться, что вполнѣ просвѣщенные люди и даже цѣлыя ученыя академіи долгое время упорно воздерживались отъ ближайшаго изслѣдованія вопроса, не слѣдуетъ ли происхожденіе этихъ явленій, хотя и совершающихся въ предѣлахъ нашей атмосферы, отнести въ міровое пространство. Напримѣръ, Штюцъ (Stütz), директоръ Вѣнскаго естественно-историческаго музея (обладающаго теперь богатѣйшимъ собраніемъ метеоритовъ), заявляетъ въ 1790 году, что хотя около половины прошлаго столѣтія находились такія „просвѣщенныя головы", которыя вѣрили баснѣ, будто съ неба могутъ падать камни, но что въ его время никто сколько нибудь знакомый съ естественной исторіей не можетъ уже признавать этого. И даже, когда въ томъ же 1790-омъ году въ Гаскони на глазахъ 300 свидѣтелей упалъ съ неба камень и объ этомъ было сдѣлано французской академіи оффиціальное сообщеніе, то извѣстный физикъ Бертелонъ (Berthelon) писалъ дословно слѣдующее: „Какъ печально видѣть, что цѣлый муниципалитетъ формально протоколомъ подкрѣпляетъ народныя сказки, о существованіи которыхъ надо только жалѣть. Что мнѣ прибавить къ этому протоколу? Всѣ замѣчанія являются сами собою въ умѣ мыслящаго читателя, когда онъ прочтетъ это подлинное удостовѣреніе завѣдомо ложнаго факта, физически невозможнаго явленія". Впрочемъ, трудно было и повѣрить паденію изъ воздуха камня въ центнеръ вѣсомъ тому, кто самъ не былъ свидѣтелемъ подобнаго чуда, и понятно, что этимъ камнямъ не придавали вѣры. Разсказываютъ, что въ Венгріи одинъ камень вѣсомъ въ 250 фунтовъ, упавшій 7 сентября 1514 г. приковали тяжелыми цѣпями въ церкви, чтобы онъ не могъ вновь улетѣть.

Въ противоположность такимъ одностороннимъ взглядамъ, идущимъ наперекоръ очевиднымъ фактамъ, надо отмѣтить и здѣсь, что уже древними греками высказывались отдѣльные болѣе правильные взгляды на эти явленія. Такъ, въ 465 г. до Р. Х. Анаксагоръ высказывалъ мнѣніе, что выпавшій въ то время метеоритъ могъ явиться съ солнца. Плутархъ говоритъ: „падающія звѣзды, по мнѣнію нѣкоторыхъ физиковъ, суть не изверженія или истеченія эфирнаго огня, который потухаетъ въ воздухѣ тотчасъ послѣ воспламененія, а также не вспыхиваніе воздуха, который распадается въ высшихъ областяхъ; это скорѣе паденія небесныхъ тѣлъ, которыя устремляются внизъ вслѣдствіе нѣкотораго ослабленія центробѣжной силы и отбрасываются въ сторону вслѣдствіе неправильнаго движенія; при этомъ они могутъ падать не только на заселенную землю, но также и въ открытое море, гдѣ ихъ уже нельзя найти".

Наиболѣе извѣстнымъ паденіемъ камня въ прежнія времена является случай, наблюдавшійся въ Энзисгеймѣ (Ensisheim): онъ подробно описанъ и могъ бы представить удобный поводъ для тщательнаго изслѣдованія явленія. Камень былъ замурованъ въ стѣну мѣстной церкви, гдѣ онъ находится еще и по сіе время; на доскѣ, висящей рядомъ съ нимъ, описано паденіе камня. Мы передаемъ здѣсь часть этой надписи, такъ какъ въ ней чрезвычайно вѣрно описаны характерныя явленія, сопровождающія паденіе камней, и кромѣ того мы вновь находимъ здѣсь свидѣтельство о томъ замѣшательствѣ, въ какое данное событіе повергло ученыхъ. Запись гласитъ: „Въ годъ отъ Рождества Христова 1492-ой, въ первую среду передъ днемъ св. Мартина, въ седьмой день ноября произошло чудесное знаменіе. Между одиннадцатымъ и двѣнадцатымъ часомъ около полудня раздался сильный ударъ грома и долгій шумъ, который слышали повсюду, и близъ Энзисгейма въ его округѣ упалъ изъ воздуха камень; онъ вѣсилъ 260 фунтовъ; здѣсь ударъ былъ тогда сильнѣе чѣмъ гдѣ либо. Одинъ мальчикъ видѣлъ, какъ онъ упалъ на засѣянномъ пшеницей полѣ, лежащемъ по направленію къ Рейну и Иллю, около Гисганга; но камень не произвелъ на полѣ никакого вреда, только сдѣлалъ яму. Его свезли

оттуда, и отъ него было отбито нѣсколько кусковъ, но ландфогтъ запретилъ дѣлать это. Тогда помѣстили его въ церковь, какъ чудесное явленіе, и приходило много народу сюда смотрѣть на камень, много также говорено было странныхъ рѣчей о камнѣ. Но ученые говорили, что они не знаютъ, что это такое; ибо было бы сверхъестественнымъ, чтобы могъ упасть такой камень изъ воздуха; вѣроятно, это особое чудо Божіе, ибо ни о чемъ такомъ прежде не было ни слыхано, ни видано, ни писано. Тамъ же, гдѣ нашли камень, была яма глубиной въ половину человѣческаго роста.

Каждый вѣрилъ, что Богу угодно было, чтобы камень этотъ былъ найденъ. Въ Люцернѣ, Пфиллингенѣ и во многихъ другихъ мѣстахъ былъ слышенъ сильный ударъ, и люди думали, что обрушились дома".

Попытаемся теперь, руководясь имѣющимися наблюденіями, вникнуть въ природу описанныхъ явленій, которая еще недавно была столь таинственною; при этомъ мы не станемъ касаться историческаго развитія взглядовъ на нихъ.

Изъ трехъ классовъ явленій, которыя мы будемъ разсматривать вмѣстѣ, т. е. падающихъ звѣздъ, огненныхъ шаровъ, и метеоритовъ, на первомъ планѣ въ качествѣ космическихъ явленій должны стоять огненные шары или болиды, которые какъ своей величиной, такъ и медленнымъ видимымъ движеніемъ отличаются отъ падающихъ звѣздъ. По этимъ признакамъ ихъ можно поставить тотчасъ же за кометами.

Появленіе огненнаго шара или болида есть одно изъ наиболѣе величественныхъ зрѣлищъ звѣзднаго неба, какія оно являетъ намъ на одно мгновеніе. Ночью среди неподвижныхъ звѣздъ, а также при мерцаніи утреннихъ или вечернихъ сумерекъ, неожиданно появляется на небѣ круглая масса, испускающая удивительно красивый, большей частью зеленоватый или голубоватый свѣтъ. Появляется она внезапно, такъ что начало явленія рѣдко можно видѣть, только освѣщеніе окружающей природы, которое вспыхиваетъ подобно блеску молніи, но затѣмъ длится нѣкоторое время, заставляетъ наблюдателя обратить взоръ къ источнику этого свѣта. Быстро, въ нѣсколько секундъ блестящая масса становится больше и ярче; она какъ будто движется прямо къ тому мѣсту, гдѣ наблюдатель, испуганный и вмѣстѣ съ тѣмъ изумленный, созерцаетъ великолѣпное явленіе. Впечатлѣніе усиливается еще отъ того, что большая начальная видимая скорость массы обыкновенно быстро уменьшается, а путь почти всегда дѣлаетъ изгибъ къ нашему горизонту. Но вотъ болидъ достигаетъ момента остановки. Въ одно мгновеніе это чудное явленіе развертывается во всей своей красотѣ: огненный шаръ лопается и разбрасываетъ во всѣ стороны змѣящіяся ракеты; разыгрывается настоящій небесный фейерверкъ, обливающій окрестный ланшафтъ магическимъ свѣтомъ. Еще мгновеніе, и все исчезаетъ. Иногда только явленіе сопровождается сильнымъ громомъ, а еще рѣже падаетъ съ высоты камень, который не зарывается глубоко въ землю и оказывается сильно раскаленнымъ по крайней мѣрѣ съ поверхности,

Часто болидъ сопровождается внезапнымъ появленіемъ облака, которое днемъ иногда служитъ его единственнымъ признакомъ, такъ какъ дневной свѣтъ скрываетъ остальныя стороны явленія. Случается, что изъ этого облака падаютъ метеорные камни. Въ большинствѣ случаевъ впечатлѣніе отъ этого явленія бываетъ весьма сильно. Наблюдателю кажется, что оно происходитъ вблизи его и хотя оно не сопровождается ни громомъ, ни паденіемъ камней, но наблюдателю представляется, что онъ несомнѣнно видѣлъ, какъ метеоръ упалъ между земными предметами. Такъ, напр., при появленіи огненнаго шара надъ Женевой 5 декабря 1880 года, три различныхъ наблюдателя, находившихся другъ отъ друга на разстояніи нѣсколь-

кихъ миль, утверждали, будто видѣли паденіе этого тѣла, совсѣмъ близко около себя. Первый увѣрялъ, что видѣлъ его надъ деревьями около озера въ одномъ предмѣстьѣ, и видѣлъ, какъ куски болида сквозь вѣтви деревьевъ упали на мостовую, гдѣ съ трескомъ разбились, разсыпая искры. Къ этому мѣсту сбѣжались люди, но ничего не нашли. Второй наблюдатель видѣлъ будто бы этотъ метеоръ упалъ въ концѣ пути передъ однимъ зданіемъ въ Коллонжѣ, деревнѣ, лежащей на растояніи одной мили къ сѣверу отъ Женевы у подножія Салева. Метеоръ, по его словамъ, несомнѣнно долженъ былъ упасть въ садъ, прилегавшій къ этому дому. Здѣсь также поиски оказались напрасными. Третій утверждалъ опять иное; по его словамъ, болидъ упалъ въ озеро около самаго Шильона, т. е. уже на другомъ концѣ озера. Покрытыя снѣгомъ горы Савои и зеркальныя воды, лежавшія внизу, казались въ теченіи нѣсколькихъ секундъ облитыми необычайно красивымъ голубоватымъ свѣтомъ. Затѣмъ метеоръ яко бы упалъ внизъ по прямой линіи прямо передъ ярко освѣщенными горами, такъ что ясно было видно, что горы находились позади падающаго блестящаго шара; спустя моментъ, онъ съ шипѣніемъ потухъ въ волнахъ.

Ближайшее разслѣдованіе этого явленія на основаніи всѣхъ сообщеній о немъ привело къ тому заключенію, что, вопреки только что приведеннымъ описаніямъ болидъ пролетѣлъ во всякомъ случаѣ много миль надъ Женевой и Савоей и весьма вѣроятно, что ни одинъ кусокъ его не упалъ на землю, по крайней мѣрѣ въ окрестностяхъ Женевскаго озера. Однако, всѣ три наблюдателя были лица, заслуживающія полнаго довѣрія; но они были введены въ ошибку. Мы подробно остановились на этомъ интересномъ случаѣ, потому что онъ проливаетъ свѣтъ на замѣчательные психологическіе процессы, которые могутъ вредить наблюденію астрономическихъ явленій, въ особенности когда явленіе совершается въ короткій промежутокъ времени. При своихъ изслѣдованіяхъ астрономъ долженъ имѣть это

Метеоръ, видѣнный 27 іюля 1894 года надъ Калифорніей.
См. текстъ, стр. 241 и 250.

въ виду. Какъ въ сѣтчаткѣ нашего глаза наблюдаются послѣ дѣйствія (т. наз. положительные и отрицательные зрительные слѣды), такія же послѣдѣйствія совершаются и въ нашемъ умѣ. Благодаря имъ явленіе, непонятное въ данный моментъ, находитъ въ нашей фантазіи понятное объясненіе, какъ напр., въ приведенномъ случаѣ въ умѣ наблюдателей сложилось убѣжденіе въ паденіи метеорныхъ массъ.

Прекрасное изображеніе метеора, разорвавшагося 27 іюня 1894 г. надъ Калифорніей, появилось впервые въ „Publications of the Astronomical Society of the Pacific“, издаваемыхъ Ликской обсерваторіей. Мы приводимъ его на прилагаемомъ рисункѣ. Насколько можно было изслѣдовать, отъ этого метеора также ни одна часть не упала на землю.

Вышеприведенное описаніе соотвѣтствуетъ нормальному явленію болида, однако и здѣсь, какъ и въ кометахъ, оказывается очень много отклоненій. Такъ, между прочимъ, далеко не всѣ болиды разрываются; многіе исчезаютъ такъ же, какъ появились, описавъ величественно большую дугу по небесному своду и не измѣняя значительно видимой скорости. Другіе описываютъ искривленные пути, которые часто представляютъ опредѣленную кривую линію, именно спираль (какъ напр, изображенный на стр. 240 метеоръ); иные, вмѣсто того, чтобы спускаться къ горизонту, какъ бываетъ обыкновенно, какъ бы поднимаются къ зениту, хотя такіе случаи рѣдки.

Единственный въ своемъ родѣ метеоръ, который заслуживаетъ особеннаго интереса, благодаря сходству съ кометами, наблюдалъ Янъ въ Лейпцигѣ 3 іюля 1845 г. Явленіе было видимо въ теченіе 26 минутъ. Начавшись съ Большой Медвѣдицы, оно прошло въ этотъ промежутокъ времени созвѣздіе Рыси и Возничаго со скоростью значительно меньшей, чѣмъ скорость другихъ метеоровъ; обыкновенно метеоры рѣдко свѣтятъ больше нѣсколькихъ секундъ и затѣмъ разрываются или исчезаютъ. Метеоръ, видѣнный Яномъ, сначала имѣлъ два хвоста, затѣмъ даже три и свѣтился тѣмъ матовымъ блескомъ, который свойственъ кометамъ, но не метеорамъ. Даже ясно различалось ядро, и яркость явленія замѣтно колебалась, то усиливаясь, то ослабѣвая. Одинъ изъ хвостовъ былъ длиною до 17^0 и шириною $1{,}5^0$. Подъ конецъ яркость ослабѣла, и длина хвоста сильно уменьшилась, главнымъ образомъ, конечно, отъ усиленія освѣщенія на разсвѣтѣ (явленіе наблюдалось около 3 часовъ утра). Путь свѣтила замѣтно былъ направленъ къ солнцу. Янъ считаетъ его настоящей кометой, необыкновенно близко подошедшей къ землѣ. Этотъ взглядъ найдетъ себѣ поддержку въ нашихъ дальнѣйшихъ разсужденіяхъ.

Большинство метеоровъ оставляютъ за собой яркій слѣдъ, который можно видѣть на небѣ иногда въ теченіе получаса. Это обстоятельство могло служить яснымъ указаніемъ на то, что данныя тѣла проходятъ, вѣроятно, черезъ сопротивляющуюся средину, именно черезъ нашу атмосферу,—впослѣдствіи геометрическіе расчеты устранили всѣ сомнѣнія въ этомъ отношеніи. Отъ сильнаго тренія объ атмосферу они приходятъ въ свѣтящееся состояніе. Это свѣченіе можетъ происходить не только отъ накаливанія, но и отъ электризаціи.

Всѣ приведенные до сихъ поръ внѣшніе признаки отличаютъ метеоры отъ падающихъ звѣздъ. Послѣднія также движутся какъ по прямымъ, такъ и по кривымъ линіямъ съ различной и перемѣнной скоростью. Путь ихъ въ большинствѣ случаевъ также направленъ къ горизонту, и нерѣдко онѣ оставляютъ за собой хвостъ. Падающія звѣзды также могутъ разрываться, хотя это случается гораздо рѣже, чѣмъ при величественныхъ явленіяхъ метеоровъ, и понятно, что вслѣдствіи малыхъ размѣровъ явленія оно не сопровождается звукомъ. Однако Суэсъ приводитъ одинъ случай, когда падающая звѣзда упала на землю, т. е. явленіе падающей звѣзды сопровождалось паденіемъ метеоровъ. Это произошло 31 іюля 1859 года передъ церковью въ Мон-

прейсѣ въ Штейермаркѣ. Обломки, образовавшiе на землѣ темное пятно величиною въ талеръ, нѣсколько секундъ оставались еще настолько горячими, „что горожанинъ Фр. Ромихъ, хотѣвшiй поднять одинъ изъ нихъ, сильно обжегъ себѣ пальцы". Такъ какъ видимая величина огненныхъ шаровъ мѣняется, начиная отъ размѣровъ луннаго диска и даже больше, до размѣровъ большихъ падающихъ звѣздъ, яркость которыхъ обыкновенно считается равной яркости Венеры, то невольно является мысль, что внутренняго различiя между обоими явленiями не существуетъ. Слѣдовательно, падающiя звѣзды или дѣйствительно суть огненные шары малыхъ размѣровъ, или только кажутся малыми, благодаря большому отъ насъ разстоянiю. Въ самомъ дѣлѣ, свѣтовыя явленiя, совершающiяся въ высшихъ слояхъ нашей атмосферы, съ различныхъ мѣстъ земной поверхности будутъ казаться различныхъ размѣровъ и различной яркости. Скiапарелли въ своемъ классическомъ сочиненiи „Астрономическая теорiя падающихъ звѣздъ" такъ пишетъ о метеорѣ Пултуска, упавшемъ 30 января 1868 года (см. прилагаемый рисунокъ; къ этому же метеору относится и № 1 раскрашенной таблицы метеоритовъ, приложенной къ стр. 247): „Живущiе вблизи этого города были бомбардированы цѣлыми тысячами камней, тогда какъ въ Бреславлѣ этотъ метеоръ сопровождался дѣйствительно великолѣпнымъ моремъ огня, но здѣсь не было слышно ни малѣйшаго взрыва. Въ Рагендорфѣ въ Венгрiи это же явленiе имѣло видъ необычайно яркаго метеора, который вблизи горизонта былъ вдвое или втрое ярче Венеры. Во многихъ мѣстахъ начало метеора ничѣмъ не отличалось отъ падающихъ звѣздъ. Вполнѣ вѣроятно, что въ мѣстахъ еще болѣе отдаленныхъ, метеоръ Пултуска представлялъ обыкновенное явленiе падающихъ звѣздъ, и потому не обратилъ на себя вниманiя наблюдателей".

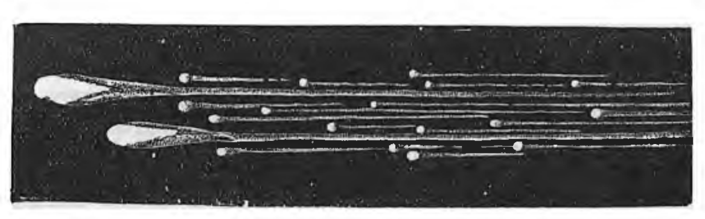


Метеоритъ изъ паденiя камней при Пултускѣ.

Количество появляющихся метеоровъ очень быстро возрастаетъ съ уменьшенiемъ ихъ размѣровъ. Поэтому надо согласиться, что предѣлы, которые даны были для величины метеоровъ, установлены на основанiи чисто внѣшнихъ условiй. Если наблюдалось мало или даже совсѣмъ не наблюдалось такихъ болидовъ, видимая величина которыхъ значительно превосходила бы величину луны, то еще нельзя заключать отсюда, что въ природѣ для величины метеоровъ положенъ нѣкоторый верхнiй предѣлъ. Нижняго предѣла на самомъ дѣлѣ не существуетъ. Во время наблюденiй астрономъ очень часто замѣчаетъ, какъ черезъ поле зрѣнiя его телескопа проходятъ необычайно тонкiя полосы свѣта, которыя, безъ сомнѣнiя, вызываются падающими звѣздами. Если мы примемъ въ разсчетъ, что въ полѣ зрѣнiя такого телескопа видна всего одна стотысячная часть небеснаго свода, то мы придемъ къ заключенiю, что телескопическiя падающiя звѣзды перерѣзаютъ необычайно часто соотвѣтственныя области нашей атмосферы. Онѣ могли бы наблюдаться въ любой моментъ со всякаго мѣста на земной поверхности, если бы удалось сдѣлать чувствительной нашу зрительную способность, не прибѣгая къ телескопу; послѣднiй въ данномъ случаѣ является ограниченнымъ въ смыслѣ пространства. Тоже самое можно сказать и о тѣлахъ, которыя падаютъ на землю при этихъ явленiяхъ. Далѣе (стр. 249) мы увидимъ, что съ неба часто падаютъ громадныя массы тончайшей пыли, минералогическiй и химическiй составъ которой ясно говоритъ объ ея метеорномъ происхожденiи.

Большiе метеоры очень рѣдко удавалось наблюдать телескопическимъ и спектроскопическимъ способомъ. Они появляются слишкомъ неожиданно. Едва успѣютъ навести инструментъ на явленiе, оно уже исчезло.

Извѣстенъ только одинъ случай, когда Шмидту въ Аѳинахъ удалось прослѣдить въ кометоискатель большой болидъ. Явленіе наблюдалось 19 октября 1863 года и длилось необыкновенно долго: именно, Шмидтъ могъ наслаждаться удивительнымъ зрѣлищемъ въ телескопъ въ теченіе 14 секундъ. Въ то время какъ для невооруженнаго глаза метеоръ, казалось, составлялъ одно цѣлое, съ радіусомъ, равнымъ половинѣ луннаго, при разсматриваніи въ телескопѣ казалось, что онъ былъ раздѣленъ на два главныхъ ядра блестящаго изумрудно-зеленаго цвѣта, отдѣленныхъ другъ отъ друга довольно значительнымъ разстояніемъ, а за ними тянулась масса меньшихъ точно также зеленыхъ ядеръ, которыя оставляли за собой огненнокрасный хвостъ (см. прилагаемый рисунокъ). Въ этомъ случаѣ ясно сказалось, что даже самые опытные наблюдатели обыкновенно переоцѣниваютъ величину такихъ внезапныхъ явленій. Въ телескопъ, который не даетъ подобнаго обмана, каждое изъ обоихъ главныхъ ядеръ было по крайней мѣрѣ въ двадцать разъ меньше, чѣмъ все явленіе, когда Шмидтъ наблюдалъ его просто глазомъ. Изъ рисунка мы можемъ поэтому заключить, что глазу явленіе казалось больше по крайней мѣрѣ въ пять разъ.


Метеоръ, наблюдавшійся 19 октября 1863 г. Шмидтомъ въ Аѳинахъ.

Въ отдѣльныхъ случаяхъ удавалось направить на метеоръ спектроскопъ. При этомъ наблюдалось появленіе на мигъ яркихъ линій, а тамъ, гдѣ позволяла яркость, появлялся и сплошной спектръ. Объ измѣреніи этихъ линій, конечно, нельзя было и думать: приходилось удерживать въ памяти ихъ цвѣтъ и положеніе и затѣмъ изслѣдовать ихъ по аналогіи съ спектрами земныхъ тѣлъ. Яркія линіи сами по себѣ указываютъ на существованіе раскаленныхъ газовъ въ этомъ явленіи; онѣ наблюдались какъ у болидовъ, такъ и у падающихъ звѣздъ. Сплошная цвѣтная полоса указываетъ на присутствіе твердыхъ тѣлъ, которыя свѣтятъ въ раскаленномъ состояніи. Ф. Конколи и Толлонъ неоднократно видѣли яркую линію натрія, которую опытный наблюдатель всегда узнаетъ. Такимъ образомъ, натрій—металлъ, представляющій одну изъ составныхъ частей нашей поваренной соли,—находится и въ космическихъ метеорахъ: повидимому, онъ почти всюду принимаетъ участіе въ строеніи вселенной.

Фотографія до сихъ поръ могла сдѣлать очень небольшой вкладъ въ изученіе метеоровъ. Здѣсь также скоротечность явленія служитъ почти неодолимымъ препятствіемъ. Цѣлыя ночи оставляли фотографическіе аппараты направленными на небо, въ надеждѣ, что въ полѣ аппарата пройдетъ падающая звѣзда, и иногда, дѣйствительно, удавалось запечатлѣть путь такого свѣтила. Нѣкоторые изъ этихъ отпечатковъ имѣютъ четкообразный видъ; это подтверждаетъ правильность непосредственныхъ наблюденій, показывающихъ, что яркость явленія испытываетъ колебанія. Однако, насколько извѣстно, одновременныхъ наблюденій, которыя были бы произведены въ различныхъ мѣстахъ и дали бы на фотографіи одно и то же явленіе, еще не имѣется.

Такія наблюденія были бы очень важны для опредѣленія **высоты метеора**. Послѣднюю можно было бы вычислить изъ соотвѣтствующихъ наблюденій съ такой же точностью, съ какой производятся землемѣрныя опредѣленія на земной поверхности. Во второй части мы разсмотримъ подробнѣе соотвѣтственные методы. Здѣсь достаточно указать, что для этого опредѣленія служитъ кажущееся перспективное смѣщеніе, какое представ-

ляетъ на звѣздномъ небѣ одна и таже падающая звѣзда для двухъ наблюдателей, раздѣленныхъ разстояніемъ другъ отъ друга. Впервые подобныя соотвѣтствующія наблюденія произвели Бенценбергъ и Брандесъ въ Гёттингенѣ въ 1798 г. Они наносили на карты всѣ падающія звѣзды, видимыя съ двухъ различныхъ мѣстъ, и отмѣчали время явленія, чтобы можно было установить тождественность наблюдаемыхъ явленій. Оба названные наблюдателя нашли при этомъ гораздо большія высоты, чѣмъ предполагалось ранѣе. Верхній предѣлъ атмосферы нашей планеты, гдѣ должно происходить вспыхиваніе метеора былъ опредѣленъ изъ изученія сумерекъ въ 80 клм. Но падающія звѣзды почти всегда остаются на болѣе значительныхъ разстояніяхъ. Новыя изслѣдованія Вейса и американца Ньютона показали, что эти тѣла вспыхиваютъ въ среднемъ на разстояніи 180—150 клм. отъ земной поверхности и вновь потухаютъ на высотѣ 90—100 клм. Слѣдовательно, средняя высота метеоровъ не достигаетъ тѣхъ областей нашей атмосферы, которыя замѣтнымъ образомъ могутъ задерживать солнечные лучи и разсѣивать ихъ *).

На первый взглядъ эти выводы могутъ показаться странными, такъ какъ явленіе накаливанія и внезапную остановку метеора можно объяснить исключительно дѣйствіемъ сопротивляющейся средины, однако въ настоящее время можно считать несомнѣннымъ, что воздушная оболочка нашей земли простирается далеко за предѣлы, на которые указываютъ оптическія явленія. Именно с в ѣ т я щ і я с я н о ч н ы я о б л а к а (неутомимыя наблюденія надъ ними ведетъ Іессе въ Штеглицѣ около Берлина) даютъ ясное указаніе на то, что нѣкоторыя части нашей атмосферы, по крайней мѣрѣ иногда, поднимаются до значительно бо̀льшихъ предѣловъ, чѣмъ установлено прежними наблюденіями. Свѣтящіяся облака, которыя, повидимому, состояли изъ тонкой пыли и газовъ, выброшенныхъ сильнымъ вулканическимъ изверженіемъ на островѣ Кракатоа въ 1883 г., достигали по крайней мѣрѣ до границы въ 80 клм. Оставаясь здѣсь цѣлые годы, они должны были поддерживаться окружающей средой, плотность которой не можетъ быть ничтожной.

Отдѣльныя падающія звѣзды появляются далеко выше указанныхъ границъ. По изслѣдованіямъ Эрмана, въ рѣдкихъ случаяхъ падающія звѣзды появлялись на разстояніи большемъ 700 клм. Основываясь на очень медленномъ движеніи телескопическихъ падающихъ звѣздъ, на которое обратилъ вниманіе еще Шрётеръ въ Лиліенталѣ, — при увеличеніи телескопа въ 100 и болѣе разъ движеніе ихъ казалось почти столь же медленнымъ, какъ и при наблюденіи просто глазомъ, — можно было, по теоріи вѣроятности, придти даже къ гораздо болѣе значительнымъ высотамъ надъ поверхностью земли, на которыхъ совершается полетъ падающихъ звѣздъ. Однако, можно допустить, что въ этомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ очень маленькими тѣлами, которыя испытываютъ въ воздухѣ болѣе значительное сопротивленіе и потому движеніе ихъ медленно въ дѣйствительности, а не кажется только такимъ вслѣдствіе большого разстоянія отъ поверхности земли. Вообще относительно метеоровъ нельзя дѣлать такого заключенія, что наиболѣе слабосвѣтящіеся изъ нихъ должны быть наиболѣе отъ насъ удаленными. Метеоры, проникающіе въ атмосферу съ меньшей скоростью, гораздо менѣе расходуются отъ тренія, и могутъ поэтому, глубже опускаться къ намъ, но будутъ свѣтиться слабо. Напротивъ, метеоры,

---

*) Въ 1898 году профессоръ Эд. Пикерингъ сообщилъ, что на одной изъ пластинокъ со спектрами звѣздъ южнаго полушарія, полученныхъ помощью призматической камеры (телескопъ съ призмою передъ объективомъ), оказалась фотографія спектра падающей звѣзды; въ ней рѣзко выдѣлялись водородныя линіи; это единственный случай фотографированія спектра падающей звѣзды.

С. Глазенапъ.

обладающіе большой скоростью, уже въ верхнихъ слояхъ воздуха даютъ чрезвычайно блестящія свѣтовыя явленія и потому быстро расходуются.

Изъ скорости видимаго движенія и изъ вычисленнаго разстоянія, съ котораго мы наблюдаемъ метеоры, можно вывести ихъ истинную скорость, и выразить ее, напримѣръ, въ километрахъ въ секунду. При этомъ получаются такія скорости, которыхъ нельзя искусственнымъ образомъ воспроизвести на землѣ и которыя относятся по своему порядку къ скоростямъ, представляемымъ небесными свѣтилами. Приведемъ здѣсь примѣры болѣе значительныхъ метеоровъ, которые и въ этомъ отношеніи подобны падающимъ звѣздамъ.

15 октября 1889 г. вечеромъ появился необычайно блестящій метеоръ, который былъ виденъ во всей Германіи, отъ Австрійской границы на югѣ до Штральзунда на сѣверѣ и на западѣ въ Рейнской провинціи. Изъ множества хорошихъ наблюденій Кёрберъ въ Берлинѣ могъ точно опредѣлить путь этого тѣла. Оказалось, что метеоръ въ короткое время, именно въ 3,6 секунды пролетѣлъ не менѣе 185 клм., т. е. дѣлалъ 50 клм. въ секунду. Наши современные артиллерійскіе снаряды движутся почти въ сто разъ медленнѣе: даже земля въ своемъ движеніи вокругъ солнца не могла бы догнать этотъ метеоръ, такъ какъ она перемѣщается въ секунду всего на 30 клм. Слѣдовательно, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ космической скоростью, и нѣтъ сомнѣнія, что пути этихъ тѣлъ опредѣляются космическими силами. Упомянутый метеоръ разорвался приблизительно на высотѣ 48 клм. надъ Нордгаузеномъ на южномъ краѣ Гарца. Его осколки однако не были найдены.

Для другого метеора, не отличавшагося особеннымъ блескомъ, пролетѣвшаго 7 іюля 1892 г. надъ Австріей и Италіей, вычисленіе Нисселя дало невѣроятную скорость въ 87 клм. въ секунду; съ этой скоростью онъ пролетѣлъ видимый путь въ 1100 клм. Путь его отличался одной особенностью, какая ранѣе не наблюдалась: послѣ наибольшаго приближенія метеора къ землѣ, именно на 68 клм. высоты надъ Румыніей, онъ опять удалился отъ земли. Только когда, спустя нѣсколько секундъ, онъ достигъ высоты въ 158 клм. надъ Тирренскимъ моремъ, онъ исчезъ отъ наблюденія, не разорвавшись. Можно вполнѣ допустить, что въ этой точкѣ метеоръ снова оставилъ земную атмосферу. На всемъ пути отъ него отскакивали обломки по всѣмъ направленіямъ.

Такимъ образомъ мы имѣемъ передъ собою интересный фактъ: тѣла съ громадной скоростью проникаютъ изъ небеснаго пространства въ нашу атмосферу, и когда скорость ихъ значительно уменьшится, они разрываются. Заранѣе можно утверждать съ вѣроятностью, что причину этой остановки и взрыва надо искать въ сопротивленіи, какое представляетъ для этихъ тѣлъ воздухъ. Надъ дѣйствіемъ этого сопротивленія существуютъ тщательныя изслѣдованія, которыя, однако, преслѣдовали далеко не столь мирныя цѣли, какъ наша наука о небѣ; мы говоримъ о дѣйствіи воздуха на летящій снарядъ. Примѣняя къ метеорамъ условія, очень точно изслѣдованныя теоретически и экспериментально для нашихъ современныхъ снарядовъ, которымъ сообщаются довольно большія скорости, можно придти къ замѣчательнымъ выводамъ, разъясняющимъ вопросъ. Такъ какъ законъ по которому возрастаетъ разрѣженіе воздуха, не извѣстенъ даже для высотъ доступныхъ намъ, то опредѣленіе сопротивленія воздуха на недоступныхъ для насъ высотахъ, гдѣ происходятъ явленія метеоровъ, сопряжено было бы съ непреодолимыми трудностями. Однако оказалось, что уменьшеніе скорости подъ вліяніемъ сопротивленія зависитъ только отъ количества воздуха, сквозь который проходитъ тѣло, а не отъ плотности его.

Эти баллистическія изслѣдованія привели къ выводу, что метеоръ.

который встрѣчаетъ первые слѣды нашей атмосферы со скоростью 72 клм. въ секунду, уменьшитъ свою громадную скорость до полкилометра, когда пройдетъ сквозь слой воздуха, соотвѣтствующій ртутному столбу въ 12 мм. На какой высотѣ имѣется столь незначительное давленіе воздуха въ 12 мм., мы не знаемъ, но можно утверждать навѣрное, что это должно быть въ самыхъ верхнихъ слояхъ атмосферы. Какъ извѣстно, на поверхности земли давленіе воздуха равно 760 мм., на самыхъ высокихъ горахъ оно почти не наблюдалось ниже 300 мм.; слѣдовательно и здѣсь надъ нашими головами все же остается слой воздуха въ 25 разъ больше, чѣмъ въ тѣхъ областяхъ, гдѣ отъ тренія космическая скорость метеора уменьшается до размѣровъ земныхъ скоростей. Спустя мгновеніе эта скорость становится равной нулю, и тѣло подчиняется обычнымъ земнымъ закономъ паденія. Замѣчателенъ еще слѣдующій теоретическій результатъ: тѣло, проникающее въ атмосферу съ гораздо меньшей первоначальной скоростью, теряетъ свою скорость почти въ той же самой области нашей атмосферы. Такимъ образомъ просто объясняется существованіе точки замедленія, въ которой метеоры въ большинствѣ случаевъ какъ бы внезапно останавливаются, послѣ чего они обыкновенно взрываются. Спиральной формой пути, наблюдаемой на многихъ метеорахъ (см. рис. стр. 240), они сходны съ артиллерійскими снарядами; эта форма пути объясняется измѣненіемъ сопротивленія, зависящимъ отъ не вполнѣ шарообразной формы тѣлъ.

Метеоритъ Бутсурскій.

Громадная энергія, которую эти небесныя тѣла приносятъ съ собой и въ нѣсколько секундъ совершенно теряютъ, не можетъ по закону сохраненія энергіи, основному закону природы, утратиться совершенно. Она должна перейти въ теплоту, которая развивается отъ громаднаго сопротивленія въ столь же громадныхъ количествахъ. Совершающійся въ нѣсколько секундъ переходъ изъ холода мірового пространства въ жаръ, способный моментально превратить въ паръ металлы, и вызываетъ взрывъ метеора. При этомъ, несомнѣнно, большая часть метеоровъ цѣликомъ обращается въ газы; вотъ почему такъ рѣдко падаютъ изъ нихъ камни, аэролиты или метеориты.

Послѣдніе принадлежатъ къ драгоцѣннѣйшимъ предметамъ нашихъ



1 2 3 5 6 7 8

Мірозданіе. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ТИПИЧНЫЕ МЕТЕОРИТЫ

изъ коллекціи Императорскаго музея въ Вѣнѣ

Типичные метеориты.

---

1. **Метеоритъ,** упавшій 30 января 1868 г. между Пултускомъ и Остроленкой на Наревѣ. Принадлежитъ къ группѣ сѣрыхъ хондритовъ. Въ изломѣ обнаруживаемъ брекчіевидное строеніе и металлическіе блестки.

2. **Метеоритъ,** упавшій 13 октября 1877 г. въ Сокобаньи около Алексинаца въ Сербіи. Принадлежитъ къ группѣ шариковыхъ хондритовъ. На немъ можно видѣть характерную, черную оплавленную кору и поверхность излома съ крупными хондрами.

3. **Препаратъ** изъ метеорнаго желѣза изъ Толуки, принадлежащаго къ группѣ октаедритовъ; извѣстенъ до 1776 г. На рисункѣ представленъ кубовидный скелетъ изъ ленточного желѣза (тэнита); этотъ скелетъ былъ приготовленъ изъ куба, вырѣзаннаго по плоскостямъ гексаедра и обработаннаго соляной кислотой. На немъ можно отчетливо видѣть октаедрическое строеніе желѣза и неодинаковое развитіе пластинокъ по различнымъ плоскостямъ октаедра.

4. **Метеорное желѣзо,** упавшее 27 марта 1886 г. въ Штатѣ Арканзасъ (Cabin Creek, Johnson-Co.). Принадлежитъ къ группѣ октаедрическаго желѣза. Найдено въ полномъ видѣ; это — самая тяжелая желѣзная масса, хорошо наблюденная во время паденія; передняя сторона выгнута въ формѣ щита, съ многочисленными „отпечатками пальцевъ" (піэзоглиптами).

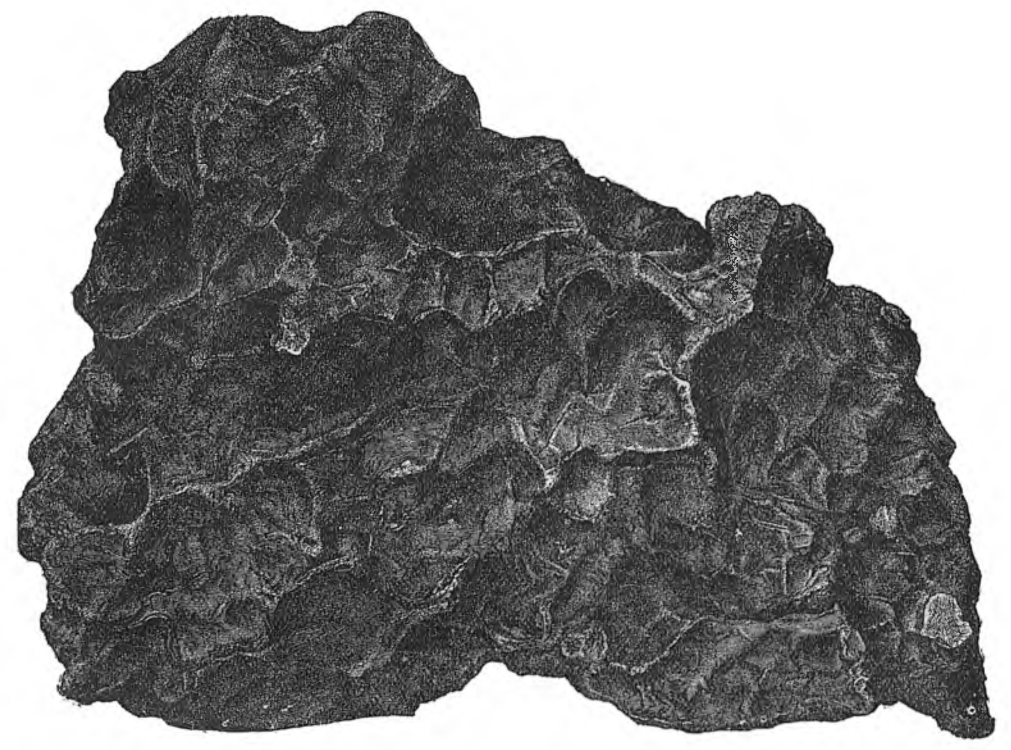
5. **Метеорное желѣзо,** найденное въ 1888 г. въ Велландѣ (Онтаріо, Канада). Принадлежитъ къ группѣ октаедрическаго желѣза. Вытравленный разрѣзъ, на которомъ можно видѣть Видманштетовы фигуры.

6. **Палласитъ,** найденный въ 1880 г. въ штатѣ Кентукки (Eagle Station, Carrol-County). Переходный типъ отъ камней къ желѣзу. Поверхность отполирована; видны кристаллы оливина въ петляхъ сплошной сѣти желѣза.

7. **Мезосидеритъ,** найденный въ 1856 г. въ Сѣв. Америкѣ (Mincy, Tancy-County). Переходный типъ отъ камней къ желѣзу. На разрѣзахъ не обнаруживаетъ сплошной желѣзной сѣти. На представленной полированной пластинкѣ два большихъ вкрапленія желѣза въ основной массѣ, состоящей изъ зеренъ оливина и желѣза.

8. **Метеорное желѣзо,** найденное въ 1884 г. въ Западной Австраліи (Youndegin, округъ Youndegin, 70 миль къ востоку отъ Іорка). Большой монолитъ вѣсомъ въ 909 клгр., въ вышину 126 см., наибольшая ширина 68 см. Имѣетъ очень сложную поверхность, съ цилиндрическими отверстіями, воронкообразными углубленіями, многими сквозными отверстіями, съ прекрасной, волнистой разъѣденностью, съ свободно лежащими пластинками. Принадлежитъ къ группѣ октаедрическаго желѣза. Содержитъ вкрапленія клифтонита (псевдоморфоза графита по алмазу).

естественнонаучныхъ коллекцій. До сихъ поръ извѣстно около 270 случаевъ, когда видѣли паденіе камней съ неба и находили ихъ. Сюда же нужно присоединить еще 170 камней, которые суть несомнѣнно аэролиты, хотя паденіе ихъ не наблюдалось. Отъ 440 паденій метеоритовъ въ одномъ вѣнскомъ придворномъ музеѣ находится 400 камней: это самое богатое въ мірѣ собраніе подобнаго рода. (См. прилагаемую раскрашенную таблицу). Брезина, прежній директоръ минералогическаго отдѣла этого музея, разсказываетъ, что одинъ изъ этихъ камней, кусокъ желѣза вѣсомъ въ 39 клгр., который упалъ съ неба въ 1751 г. въ Грашинѣ около Аграма, по ны-



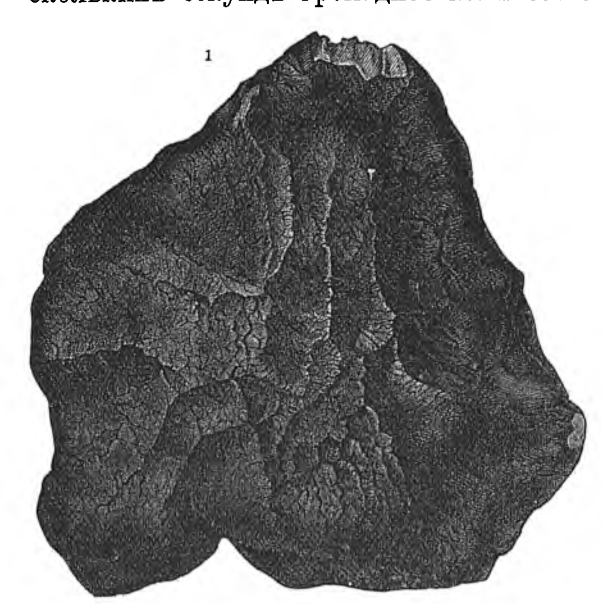
Желѣзный метеоритъ изъ Грашины.

нѣшнимъ цѣнамъ метеорныхъ камней, стоитъ по крайней мѣрѣ 100,000 гульденовъ.

Но не всегда метеориты принимались съ радостью, какъ неожиданныя сокровища; нерѣдко они бывали причинами несчастныхъ случаевъ. Такъ въ китайскихъ лѣтописяхъ сообщается, что въ 616 году десять человѣкъ были убиты каменнымъ дождемъ; передаютъ, что въ 823 г. въ Саксоніи 35 деревень выгорѣли отъ той же причины. 4 сентября 1511 года около Крема упало внезапно съ неба больше тысячи камней, изъ нихъ нѣкоторые вѣсили больше центнера; при этомъ были убиты птицы, овцы и рыбы, и даже одинъ священникъ. Въ Миланѣ въ 1660 г. небольшимъ камнемъ, упавшимъ въ монастырѣ Santa Maria della Pace, былъ убитъ францисканскій монахъ. 16 іюня 1794 г. въ Сіенѣ отдѣлался, къ счастію, однимъ страхомъ ребенокъ, которому метеорнымъ камнемъ пробило шляпу.

На основаніи вышесказаннаго становится понятно, почему, хотя эти камни бываютъ и большихъ размѣровъ, однако при паденіи на землю они не обладаютъ большой живой силой и не пробиваютъ въ ней большихъ отверстій. Воздушный покровъ защищаетъ насъ и въ этомъ случаѣ отъ

несчастія, которое легко могло бы случиться, еслибы эти тѣла, обладающія первоначально часто значительными размѣрами, падали на землю съ космической скоростью. Въ настоящее время они отдаютъ въ теченіе нѣсколькихъ секундъ громадное количество тепла упругой средѣ и превращаются при этомъ въ верхнихъ слояхъ воздуха или цѣликомъ, или отчасти, въ безвредные для насъ газы. Но если бы защищающей воздушной оболочки не существовало, то та же самая теплота развилась бы моментально при ударѣ тѣла о земную поверхность. Слѣдствіемъ такихъ катастрофъ явились бы не только сильныя землетрясенія; каменныя породы земной коры въ мѣстахъ столкновенія раскололись бы и расплавились бы, космическое тѣло глубоко проникло бы въ эти породы и могло бы даже вызвать вулканическія изверженія. Если бы упавшіе метеориты были достаточно велики и имѣли круглую форму, то образовавшіяся ямы имѣли бы большое сходство съ лунными кратерами. Такъ какъ луна дѣйствительно не имѣетъ атмосферы, то, какъ мы увидимъ позднѣе, можно предполагать, что эти образованія на ней произошли подобнымъ способомъ.





Метеоритъ изъ Штаннерна: 1) лицевая сторона, 2) задняя сторона.

Но наша воздушная оболочка дѣйствуетъ, подобно непреодолимому буферу; сдерживая всѣ внѣшніе сильные удары, она или совсѣмъ не допускаетъ ихъ до поверхности земли, или значительно ослабляетъ ихъ Несмотря на то, нельзя вполнѣ отрицать возможность слѣдующаго случая: метеоритъ, величиною въ міровое тѣло, когда нибудь можетъ пересѣчь орбиту нашей земли; масса и общая энергія его могутъ быть слишкомъ велики и потому значительная часть его тѣла останется не уничтоженной сопротивленіемъ нашей атмосферы. Такая катастрофа могла бы, конечно, стать причиной гибели человѣчества и его твореній. Но на сколько мы знаемъ, чѣмъ больше величина этихъ спорадическихъ небесныхъ тѣлъ, тѣмъ меньше ихъ количество въ міровомъ пространствѣ, и подобное опасное столкновеніе, по теоріи вѣроятности, возможно одинъ разъ во много сотенъ тысячъ лѣтъ.

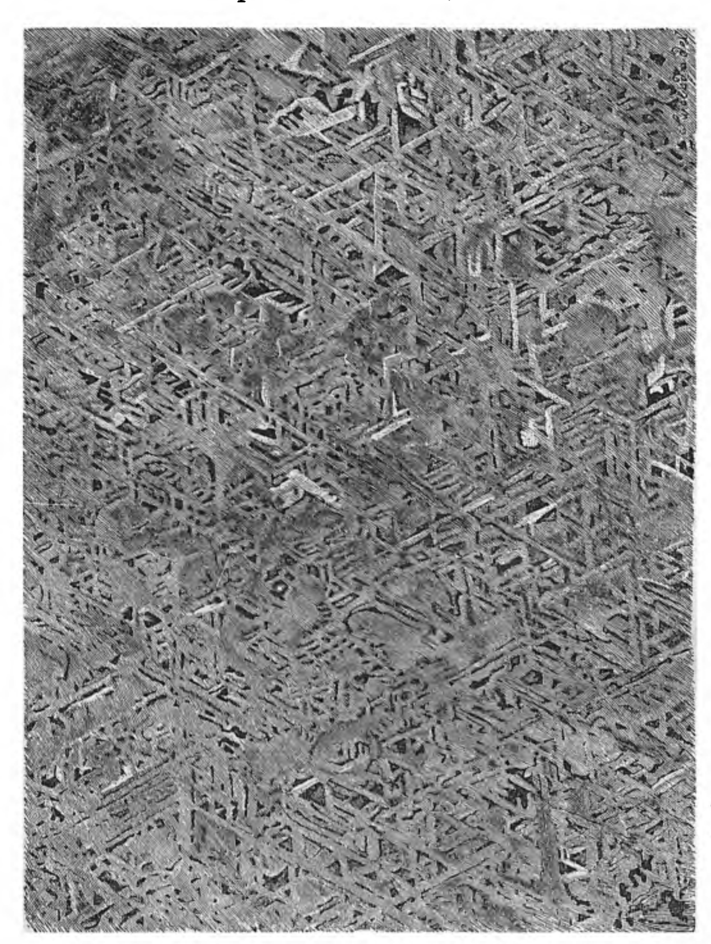
Самый большой изъ метеоритовъ, паденіе которыхъ наблюдалось, вѣситъ 250 клгр. Онъ упалъ на землю 6 іюня 1866 г. около мѣстечка **Княгиня** въ Венгріи. Но найдены были еще болѣе тяжелые камни, которые, по всему характеру ихъ, нужно считать метеоритами. Самымъ большимъ обломкомъ такого самороднаго желѣза надо было бы считать камень вѣсомъ въ 25,000 клгр., который нашелъ въ 1870 г. Норденшильдъ на сѣверо-западномъ берегу Гренландіи около Овифака; но въ послѣднее время возникли сомнѣнія въ его метеорномъ характерѣ. Другой обломокъ желѣза въ 15,000 клгр. былъ найденъ въ Мексикѣ, затѣмъ еще одинъ вѣсомъ въ 10,000 клгр. найденъ въ Орегонѣ въ Сѣверной Америкѣ. Въ каньонѣ Діавола въ Арицонѣ въ 1891 году было найдено большое число желѣзныхъ метеоритовъ, изъ которыхъ самые большіе вѣсили 425, 300 и 150 клгр., они лежали вокругъ огромной ямы въ 190 м. глубины и 3,4 клм. въ окружности. Врядъ-ли можно сомнѣваться, что эта яма, чрезвычайно похожая на лунный кратеръ, и имѣвшая высокіе края, была произведена громаднымъ метеоритомъ, который, быть можетъ, разорвался только при ударѣ о землю. Въ такомъ случаѣ изъ всѣхъ слѣдовъ, которые остались на земной корѣ отъ столкновенія съ другимъ міровымъ тѣломъ, этотъ слѣдъ, насколько извѣстно, является самымъ значительнымъ.

Мелкіе камни находятъ въ гораздо болѣе значительномъ количествѣ, чѣмъ крупные; совсѣмъ мелкіе, однако, встрѣчаются очень рѣдко; это просто объясняется тѣмъ, что ихъ труднѣе находить. Дѣйствительно, насколько трудно отыскивать упавшіе камни въ открытомъ мѣстѣ, можно видѣть изъ того, что въ 1833 г. при паденіи розорвавшагося болида около Бланско въ Моравіи 120 человѣкъ потратили 600 рабочихъ дней и въ концѣ концовъ отыскали 7 камешковъ, общій вѣсъ которыхъ равнялся 300 граммамъ.

Но во время каменныхъ дождей падаютъ иногда совсѣмъ маленькіе обломки. Это показываетъ, что нѣтъ какой нибудь опредѣленной минимальной границы для метеоритовъ. Такъ, при подобномъ паденіи въ Гесслѣ (Швеція) въ 1869 г. масса метеорныхъ камней упала на ледъ озера Арно, и здѣсь ихъ легко можно было найти. Между ними были кусочки вѣсомъ въ $^1/_{17}$ грамма. Въ громадномъ количествѣ изъ воздуха выпадаетъ вещество также въ видѣ тончайшей **пыли**, составъ которой обнаруживаетъ ея неземной характеръ, но иногда наблюдается также паденіе пыли несомнѣнно вулканическаго происхожденія. Въ пустынныхъ областяхъ крайняго сѣвера, гдѣ въ воздухѣ нѣтъ постороннихъ примѣсей, которыя вносятся неугомонной дѣятельностью человѣка, и гдѣ на широкомъ, снѣжномъ покровѣ легко можно видѣть упавшія массы, часто встрѣчаются слѣды такихъ паденій метеорной пыли. Вслѣдствіе окисленія содержащихся въ ней частицъ желѣза (упавшая пыль часто состоитъ исключительно изъ самороднаго порошковатаго желѣза), она на большія пространства окрашиваетъ снѣгъ въ красный цвѣтъ. Норденшильдъ занялся подробнымъ изученіемъ этой пыли, и сообщаетъ между прочимъ объ одномъ такомъ паденіи пыли, происшедшедъ 3 мая 1892 г. Слѣды этого паденія можно было прослѣдить въ Даніи, Швеціи, сѣверной Германіи и Финляндіи на пространствѣ, имѣющемъ въ длину 1650 клм. и въ ширину 300—500 клм. По его расчету, все выпавшее при этомъ количество пыли равно 500,000 тоннъ.

Этотъ изслѣдователь сообщаетъ кромѣ того о слѣдующихъ паденіяхъ пыли: 6 ноября 1472 г. надъ Константинополемъ опустилось черное облако, изъ котораго выпала горячая пыль съ непріятнымъ запахомъ, образовавшая слой толщиною въ ладонь. 3 декабря 1586 г. въ Ганноверѣ около Вердена при громѣ и молніи выпала черная пыль, которая была такъ горяча, что обугливала доски. 13 и 14 марта 1813 г. красное облако заволокло

большую область въ южной Италіи, „такъ что въ 4 часа пополудни пришлось зажечь огонь, а народъ поспѣшилъ въ церковь, полагая, что наступило свѣтопреставленіе. Изъ этого облака около Кутро въ Калабріи выпали метеорные камни, а во многихъ другихъ мѣстахъ Италіи выпалъ красный дождь вмѣстѣ съ пылью кирпичнаго цвѣта“. Химическое изслѣдованіе этой пыли обнаружило между прочимъ присутствіе хрома, который встрѣчается въ метеорныхъ камняхъ, но никогда не встрѣчается въ вулканической пыли. Извѣстны также подобныя паденія въ 1819 г. въ различныхъ мѣстахъ южной и сѣверной Америки, 30 октября 1814 г. въ устьѣ рѣки св. Лаврентія и въ 1881 г. въ Енисейскѣ. Нужно прибавить, что иногда также съ неба падаетъ соль. „30 августа 1870 г. около моста Лучендро въ Готардскомъ проходѣ три свидѣтеля наблюдали въ высшей степени обильное выпаденіе града изъ соли. Градъ падалъ при свѣжемъ сѣверномъ вѣтрѣ около 5 минутъ“.



Видманштетовы фигуры въ метеорномъ желѣзѣ.

Падающія звѣзды впрочемъ оказываются тѣлами почти того же порядка, какъ и эта метеорная пыль. Пользуясь закономъ сохраненія энергіи, можно было вычислить ихъ истинную величину: именно вычисляется, какое количество вещества можетъ быть накалено при извѣстной потерѣ энергіи движенія. Оказывается, что для самыхъ большихъ падающихъ звѣздъ, яркость которыхъ въ среднемъ равна яркости Венеры, нужно не болѣе двухъ килограммовъ вещества; для падающихъ звѣздъ, имѣющихъ яркость звѣздъ первой и второй величины, всего шесть граммовъ. Если же самыя мелкія телескопическія падающія звѣзды находятся отъ насъ не дальше яркихъ, то онѣ должны быть въ дѣйствительности очень маленькими пылинками, которыя видны намъ на такомъ значительномъ разстояніи только благодаря ихъ сильному накаливанію.

Уже раньше было упомянуто, что не всегда падаетъ одинъ или нѣсколько камней, но иногда можетъ идти настоящій каменный дождь. Такъ, напримѣръ, при знаменитомъ паденіи метеоровъ въ л'Эгль 26 апрѣля 1803 г. упало сразу около 2—3,000 камней. Теперь является вопросъ, принадлежатъ ли эти камни одному и тому же небесному тѣлу, которое проникло въ нашу атмосферу и здѣсь раздробилось, или же существуетъ цѣ-

лый рой такихъ тѣлъ, которыя описываютъ общій путь и вмѣстѣ достигаютъ земной поверхности. Даже въ томъ случаѣ, когда сначала появляется только одинъ болидъ, который затѣмъ разрывается, образуя каменный дождь, нельзя навѣрное приписать эти камни одному первоначальному тѣлу, такъ какъ даже упомянутый выше метеоръ, который видѣлъ въ телескопъ Шмидтъ въ Аѳинахъ, состоялъ изъ различныхъ тѣлъ, двигавшихся вмѣстѣ. Но въ другихъ случаяхъ можно было несомнѣнно доказать разрывъ метеора. Между камнями, упавшими 12 мая 1861 г. около Бутсура въ Остъ-Индіи, найдены были три обломка, на разстояніи нѣсколькихъ километровъ одинъ отъ другого. Они вполнѣ подходили другъ къ другу, какъ показываетъ рис. на стр. 246. Общая форма указываетъ кромѣ того, что эти обломки, очевидно представляютъ части одного болѣе значительнаго тѣла. По отбитой части слѣва можно судить о величинѣ первоначальнаго куска. Въ другомъ подобномъ случаѣ поверхности излома двухъ камней въ точности совпадали другъ съ другомъ.

Когда падаетъ много большихъ и малыхъ камней, то замѣчено, что они разсыпаются на протяженіи большого пути, который соотвѣтствуетъ видимому движенію метеора; при этомъ раньше всегда падаютъ малые камни. Послѣдній фактъ кажется страннымъ, надо было бы ожидать обратнаго, такъ какъ малыя тѣла падаютъ въ воздухѣ, оказывающемъ сопротивленіе движенію, медленнѣе большихъ. Поэтому мы должны допустить, что малые куски отдѣляются раньше отъ главнаго тѣла, чѣмъ большіе; это подтверждается тѣмъ наблюденіемъ, что многіе болиды передъ взрывомъ разбрасываютъ искры на своемъ пути. Если только что приведенные факты говорятъ въ пользу того, что въ большинствѣ случаевъ каменный дождь происходитъ отъ одного первоначальнаго тѣла, то съ другой стороны находитъ себѣ подтвержденіе и тотъ фактъ, что иногда въ нашу атмосферу попадаетъ нѣсколько отдѣльныхъ параллельно движущихся метеоровъ значительныхъ размѣровъ. Часто наблюдалось, что по одному и тому же пути болиды движутся быстро одинъ за другимъ или съ промежутками въ нѣсколько часовъ и дней; точно также падающія звѣзды очень часто появляются парами; а скоро мы увидимъ, что иногда къ намъ проникаютъ миріады падающихъ звѣздъ, идущихъ изъ одной и той же области вселенной.

Раздробленіе твердыхъ камней въ воздухѣ краснорѣчивѣе всего свидѣтельствуетъ о необыкновенно энергичныхъ внутреннихъ процессахъ, которые развиваются при внезапномъ превращеніи движенія въ теплоту. Огромный жаръ, очевидно, не имѣетъ времени быстро проникнуть внутрь тѣла, которое первоначально должно имѣть крайне низкую температуру міроваго пространства. Развивается очень сильное натяженіе, которое ведетъ къ откалыванію поверхностныхъ частей. Хотя такіе куски долетаютъ до насъ очень горячими, однако внутреннія части ихъ остаются холодными; по крайней мѣрѣ это удалось наблюдать въ одномъ случаѣ, когда въ Квенгукѣ въ Остъ-Индіи разбили одинъ кусокъ метеорита тотчасъ же послѣ его паденія.

Несомнѣнно, внезапное накаливаніе распространяется только на внѣшнюю всегда весьма тонкую стекловидную корку, которая покрываетъ всѣ метеориты чернымъ слоемъ и придаетъ имъ видъ шлаковъ съ характерными вдавленіями какъ бы отъ пальцевъ. На нашей раскрашенной таблицѣ отчасти можно видѣть эту стекловидную кору на № 2. Такую кору можно получить искусственно только при условіи быстраго и сильнаго накаливанія метеоритовъ. Когда же пробовали продолжать накаливаніе дальше, то метеориты обращались въ стеклообразные куски, въ видѣ которыхъ они никогда не падаютъ на землю. Упомянутыя вдавленія

суть также ясные признаки быстраго плавильнаго процесса. На прилагаемомъ изображеніи большого метеорита изъ Грашины очень ясно видны эти вдавленія. Нормальный метеоритъ всегда заостренъ нѣсколько конически и имѣетъ лицевую и заднюю поверхность. Вдавленія наблюдаются только на лицевой сторонѣ. Рисунки на стр. 248 изображаютъ обѣ стороны метеорита упавшаго во время знаменитаго каменнаго дождя въ Штаннернѣ (22 мая 1808). Въ раскрашенной таблицѣ на метеоритѣ № 4 ясно видны вдавленія на лицевой сторонѣ.

Когда сомнѣнія въ космической природѣ метеоритовъ были устранены, казалось страннымъ, что въ нихъ не находится химическихъ элементовъ, которыхъ бы не было на землѣ. Только минералогическое строеніе ихъ, въ общемъ сходное съ строеніемъ самыхъ глубокихъ слоевъ земли, оказывается своеобразнымъ. Они дѣлятся на двѣ главныя группы: на каменные и желѣзные метеориты. Первые въ общемъ имѣютъ характеръ нашихъ кристаллическихъ первозданныхъ породъ, но обыкновенно обладаютъ большей плотностью. Такъ какъ на землѣ глубокіе слои имѣютъ болѣе значительную плотность, то возможно, что когда нибудь въ земныхъ глубинахъ, въ настоящее время пока недоступныхъ намъ, будутъ найдены каменныя породы, имѣющія съ метеоритами еще большее сходство. Съ гораздо большей вѣроятностью это можно допустить для желѣзныхъ метеоритовъ, которые содержатъ самородное желѣзо, хотя всегда вмѣстѣ съ никкелемъ. На землѣ самородное желѣзо находятъ очень рѣдко, раньше даже думали, что на землѣ его нѣтъ. Однако, въ надавнее время открыты въ Гренландіи желѣзныя жилы, которыя, вѣроятно, произошли въ самыхъ глубокихъ слояхъ земного шара. Повидимому, изъ этой жилы происходитъ и желѣзная масса Овифака, которая считалась раньше метеорнымъ желѣзомъ. Такъ какъ общая плотность земного шара, которую мы будемъ опредѣлять во второй части нашей книги, гораздо больше плотности доступныхъ намъ поверхностныхъ слоевъ, то надо допустить, что внутри его сосредоточены необычайно тяжелыя тѣла, къ которымъ принадлежатъ самородные металлы. Въ этомъ отношеніи желѣзные метеориты указываютъ на то, что находится въ глубинахъ нашей земли.

Въ числѣ 440 паденій метеоритовъ, образцы которыхъ сохраняются въ коллекціяхъ, находится 157 желѣзныхъ метеоритовъ и 283 каменныхъ. Послѣдніе, какъ видно, не особенно преобладаютъ. Тѣмъ не менѣе можно сказать навѣрное, что изъ міроваго пространства къ намъ попадаетъ гораздо меньше желѣза, чѣмъ камней; такъ на 262 дѣйствительно наблюдавшихся паденія камней приходится всего 8 наблюдавшихся паденій желѣзныхъ метеоритовъ (къ нимъ принадлежитъ и метеоритъ Грашины). За то найдено было 149 кусковъ метеорнаго желѣза и всего 21 каменный метеоритъ. Причину этого несоотвѣтствія нужно искать въ вывѣтриваніи, которое гораздо сильнѣе дѣйствуетъ на камни, чѣмъ на желѣзо; послѣднее не измѣняется благодаря быстро образующемуся слою окиси, предохраняющему отъ дальнѣйшаго разрушенія.

Въ аэролитахъ найдены были до сихъ поръ слѣдующіе элементы: водородъ, углеродъ, азотъ, кислородъ, сѣра, фосфоръ, хлоръ, натрій, кальцій, кремній, калій, магній, алюминій, марганецъ, желѣзо, никкель, кобальтъ, мышьякъ, хромъ, мѣдь, олово, титанъ, аргонъ, гелій. Два послѣдніе элемента, какъ извѣстно, открыты на землѣ въ самое послѣднее время. Аргонъ представляетъ составную часть нашего атмосфернаго воздуха и трудно отдѣляется отъ азота; поэтому являлось вполнѣ вѣроятнымъ, что аргонъ содержится въ тѣхъ метеоритахъ, гдѣ есть азотъ. Съ исторіей гелія мы подробно познакомимся въ главѣ о солнцѣ. Гелій извѣстенъ былъ ранѣе только на солнцѣ, гдѣ онъ былъ найденъ при помощи спектроскопа.

Послѣ многихъ безплодныхъ стараній его удалось открыть не только въ земныхъ тѣлахъ, но также въ метеоритахъ, которые, какъ мы скоро узнаемъ, по происхожденію своему относятся не къ солнечной системѣ, а къ міру неподвижныхъ звѣздъ. Въ высшей степени удивительно, что не смотря на тщательнѣйшіе анализы, которые были произведены Когеномъ въ Грейфсвальдѣ надъ всѣми почти метеоритами, не было найдено ни одного неизвѣстнаго намъ элемента. Хотя мы никоимъ образомъ не можемъ допустить, что намъ извѣстны всѣ элементы, которые участвуютъ въ составѣ нашей земли, но мы въ правѣ утверждать, что отношенія, какія наблюдаются у насъ между рѣдкими и распространенными тѣлами, тѣ же приблизительно и въ небесныхъ тѣлахъ, образцами которыхъ намъ служатъ аэролиты. Не слѣдуетъ удивляться, что далеко не всѣ земные элементы найдены въ нихъ: вопервыхъ, въ нашемъ спискѣ указано большинство распространенныхъ элементовъ, во-вторыхъ, количество изслѣдованныхъ метеоровъ еще слишкомъ незначительно. Пожалуй, можно только обратить вниманіе на отсутствіе въ нихъ цинка и свинца.

Углеродъ находится въ метеоритахъ въ формѣ графита и кристаллическій, въ видѣ алмаза. Въ послѣдней формѣ его нашелъ Фридель въ упомянутомъ уже метеоритѣ изъ Каньона Дьявола. Онъ заключался въ видѣ мелкой (карбонизованной) алмазной пыли *). Фридель полагаетъ, что пыль эта образовалась прямо изъ угля. Дѣйствительно, недавно Муассану удалось искусственно получить изъ графита при очень высокомъ давленіи подобные же очень мелкіе алмазы.

Присутствіе угля въ аэролитахъ въ высшей степени замѣчательно. На землѣ уголь встрѣчается только тамъ, гдѣ обуглены были органическія вещества. Является вопросъ, органическаго ли происхожденія уголь въ упавшихъ съ неба камняхъ и можетъ ли его присутствіе служить доказательствомъ того, что и внѣ нашей маленькой планеты есть во вселенной существа, одаренныя способностью чувствовать. На этотъ важный вопросъ къ сожалѣнію нѣтъ опредѣленнаго отвѣта, такъ какъ несомнѣнныхъ слѣдовъ органическихъ формъ въ метеоритахъ не было открыто. Слѣды коралловъ и первобытныхъ животныхъ различныхъ породъ, которые ранѣе видѣли въ нихъ, объяснились, однако, иначе. Уже было сказано, что метеориты родственны земнымъ кристаллическимъ породамъ, въ которыхъ нѣтъ окаменѣлыхъ остатковъ организмовъ. Слѣдовательно, на міровыхъ тѣлахъ, образцами которыхъ служатъ метеориты, вода не участвовала въ образованіи породъ и въ поддержаніи жизни, т. е. не выполняла той работы, которою созданы земные осадочные слои съ заключенными въ нихъ существами. Конечно, этого заключенія мы можемъ держаться только на основаніи извѣстныхъ намъ образцовъ.

Во многихъ метеоритахъ въ точности повторяется тоже соотношеніе между составными частями, которое характерно для различныхъ нашихъ кристаллическихъ породъ. Но въ иныхъ наблюдаются существенныя отклоненія. Къ послѣднимъ принадлежитъ такъ называемый лавренситъ, состоящій изъ хлористаго желѣза, шрейберситъ, состоящій изъ желѣза, никкеля и фосфора, добрелитъ (хромистый желѣзнякъ) и наконецъ никкелистое желѣзо спеціально метеорнаго характера. Хотя никкель почти всегда присутствуетъ и въ земныхъ желѣзныхъ рудахъ, однако не въ такомъ большомъ процентномъ содержаніи, а главнымъ образомъ не въ такой кристаллической формѣ. Благодаря ей образуются такъ называемыя

*) П. Лачиновъ нашелъ алмазъ (около 1%) въ ново-урейскомъ метеоритѣ, упавшемъ 10 сент. 1886 г. около дер. Ново-Урей Пензенской губерніи.

Видманштедтовы фигуры, (см. прилагаемый рисунокъ и № 5 раскрашенной таблицы стр. 247), если отполировать подобный камень и на отшлифованную поверхность подѣйствовать азотной кислотой. Кислота разъѣдаетъ тѣ части, на которыя она дѣйствуютъ, образуя красивую кристаллическую сѣть изъ болѣе твердыхъ частей; подобныхъ фигуръ не даютъ породы земного происхожденія. Правда, такую породу можно получить искусственно, сплавивъ желѣзо и никкель, въ соотвѣтственныхъ отношеніяхъ, и приготовивъ такимъ образомъ искусственный желѣзный метеоритъ. Кристаллическое строеніе метеорныхъ камней служитъ доказательствомъ единства таинственныхъ силъ природы, которыя участвуютъ въ созданіи кристалловъ.

Отъ желѣзныхъ метеоритовъ къ каменнымъ существуютъ разнообразнѣйшіе переходы, которые показываютъ, что ни тѣ, ни другіе не представляютъ замкнутыхъ группъ небесныхъ тѣлъ. Наша раскрашенная таблица содержитъ различныя переходныя формы, наиболѣе интересныя въ минералогическомъ отношеніи. Изображенные на ней метеориты находятся всѣ въ Вѣнскомъ придворномъ музеѣ.

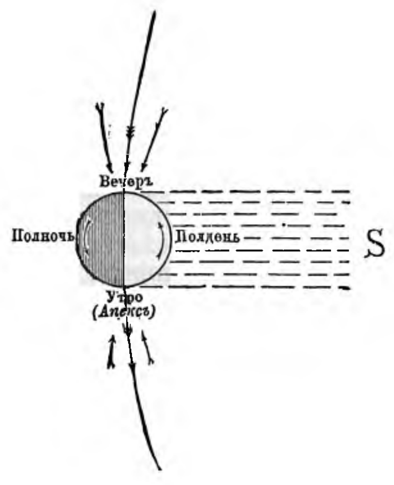
Химическіе анализы метеоритовъ часто приходится вести спектроскопически, вслѣдствіе незначительнаго количества находящагося въ распоряженіи матеріала. Въ этомъ отношеніи заслуживаютъ вниманія изслѣдованія Фогеля надъ газами, которые выдѣляются изъ метеоритовъ при ихъ нагрѣваніи. При этомъ обнаруженъ былъ тотъ же углеводородный спектръ, что и въ кометахъ, но смѣшанный со спектромъ окиси углерода; послѣдній спектръ все болѣе уступаетъ свое мѣсто первому, по мѣрѣ того какъ усиливается накаливаніе пропусканіемъ электрической искры. Фогель того мнѣнія, что спектръ метеорныхъ газовъ гораздо ближе къ спектру кометъ, чѣмъ спектръ чистаго углеводорода. Для облегченія прямого спектроскопическаго наблюденія метеоровъ по крайней мѣрѣ яркихъ, во время ихъ вспыхиванія, Конколи устроилъ спектроскопъ, въ который, благодаря вогнутой цилиндрической линзѣ, поставленной позади системы призмъ для прямого видѣнія, (à vision directe), можно обозрѣвать сразу поле зрѣнія шириною болѣе чѣмъ въ 50 лунныхъ поперечниковъ. Не говоря объ этомъ свойствѣ, существенномъ для наблюденія надъ метеорами, другая выгода этого метеорнаго спектроскопа заключается въ томъ, что видимая скорость метеора кажется въ немъ значительно меньше.

Но для того, чтобы метеориты могли дать намъ полное доказательство единства міровой матеріи въ отдаленнѣйшихъ областяхъ вселенной, необходимо устранить всякое сомнѣніе въ томъ, что они приходятъ къ намъ изъ міроваго пространства и никогда, даже въ самыя отдаленныя времена, не могли принадлежать землѣ. Послѣднее мнѣніе высказалъ нѣкогда Лагранжъ, и французскій астрономъ-теоретикъ Тиссеранъ еще недавно защищалъ этотъ устарѣвшій взглядъ. По этому взгляду, метеорные камни выброшены яко бы нашими вулканами, но не такъ, какъ извѣстныя вулканическія бомбы, которыя опять падаютъ внизъ; нѣтъ, эти тѣла когда-то давно, можетъ быть въ далекія первобытныя времена исторіи нашей земли, были выброшены изнутри нашей планеты съ такою силой, что вылетѣли изъ сферы дѣйствія земного притяженія и образовали кольцо вокругъ земной орбиты, которое по своему физическому характеру вполнѣ сходно съ кольцомъ Сатурна. Отдѣльныя части этого кольца по временамъ вновь падаютъ на землю. Дѣйствительно, было найдено, что еще и теперь вулканическія бомбы выбрасываются съ гораздо бо́льшей скоростью, чѣмъ скорость нашихъ самыхъ быстрыхъ снарядовъ. Но все таки скорость ихъ никогда не была настолько большой, чтобы онѣ могли дѣйствительно отдѣлиться отъ земли. Правда, въ раннія эпохи вулканическая дѣятель-

ность нашей земли, несомнѣнно, была значительно колоссальнѣе, чѣмъ теперь; однако сомнительно, чтобы при существованіи большаго числа вулкановъ, которые легче могли открыть выходъ для внутренней напряженной дѣятельности, чѣмъ немногочисленные нынѣшніе вулканы, энергія вулканическихъ явленій также была значительнѣе. Въ пользу этого взгляда говоритъ только минералогическое строеніе метеоритовъ, которое указываетъ на родство ихъ съ глубокими слоями земной коры, какъ мѣстомъ ихъ происхожденія.

Однако не трудно доказать, какъ указалъ самъ Тиссеранъ, что тѣла, выброшенныя когда то изъ земли, никогда не могутъ возвратиться къ ней съ такой скоростью, которая превосходила бы скорость вращенія самой земли вокругъ солнца. Выражаясь математически, метеориты никогда не могли бы проникать въ нашу атмосферу по гиперболическимъ путямъ; это станетъ намъ понятнымъ изъ нашихъ теоретическихъ разъясненій во второй части.

Между тѣмъ становящееся все болѣе и болѣе точнымъ изученіе орбитъ метеоровъ, успѣхамъ котораго особенно содѣйствовали американецъ Ньютонъ и Нисль въ Брюннѣ, доказало вполнѣ опредѣленно, что большая часть метеоровъ движется по рѣзко опредѣленнымъ гиперболическимъ орбитамъ. Эта особенность рѣзко отличаетъ ихъ отъ остальныхъ классовъ небесныхъ свѣтилъ, такъ какъ даже у тѣхъ весьма немногочисленныхъ кометъ, которыя имѣютъ гиперболическія орбиты, послѣднія представляются лишь слабо выраженными. Поэтому нужно, всего скорѣе, допустить, что значительная по крайней мѣрѣ часть метеоровъ, пересѣкшихъ нашу атмосферу, попала къ намъ изъ такихъ пространствъ, въ которыхъ даже кометы выходятъ изъ области вліянія солнца, или, говоря другими словами, попала въ сферу притяженія дневного свѣтила изъ безконечныхъ глубинъ звѣзднаго міра. Насколько невообразимо громадны эти пути, объ этомъ мы узнаемъ подробнѣе въ ближайшихъ главахъ.



Движеніе земли сквозь рой падающихъ звѣздъ.

Независимость метеоровъ отъ земли должна явствовать кромѣ того и изъ характера распредѣленія ихъ числа по времени, если мы примемъ при этомъ въ соображеніе, что и земля движется въ пространствѣ вокругъ солнца и около своей оси. Дѣйствительно, если бы метеоры были земного происхожденія въ смыслѣ старыхъ воззрѣній на этотъ предметъ (за исключеніемъ впрочемъ взгляда Лагранжа), то они должны бы участвовать во всѣхъ движеніяхъ земли. Суточное вращеніе земли около своей оси обнаруживается восходомъ и закатомъ неподвижныхъ звѣздъ, годовое же обращеніе вокругъ солнца, напротивъ, обусловливаетъ вполнѣ опредѣленное положеніе, которое мы періодически въ одинъ и тотъ же день ежегодно занимаемъ въ пространствѣ относительно солнца. Если поэтому метеоры и распредѣлены въ пространствѣ неравномѣрно, то это должно выразиться въ томъ, что ихъ число въ различные дни года не будетъ одинаково, при чемъ такая неравномѣрность должна повторяться изъ года въ годъ въ одно и то же время. Кромѣ того вслѣдствіе соединенія обоихъ движеній земли возникаетъ еще особаго рода явленіе. Помѣщаемый выше рисунокъ поясняетъ, прежде всего, въ какомъ направленіи происходятъ оба движенія. Изъ него непосредственно мы видимъ также, что въ тѣхъ

частяхъ земли, которыя во время ея годичнаго движенія въ пространствѣ идутъ впереди, постоянно бываетъ утро, тогда какъ въ тѣхъ частяхъ земли, которыя идутъ позади, бываетъ вечеръ. Та точка на небесной сферѣ, къ которой направляется земля въ данный моментъ годичнаго движенія, называется апексомъ. Если теперь метеоры распредѣлены въ пространствѣ приблизительно равномѣрно, то число встрѣчающихся съ землею метеоровъ должно находиться въ опредѣленной зависимости отъ апекса. Съ утренней стороною земли могутъ, очевидно, встрѣтиться всѣ метеоры, которые движутся на встрѣчу земли съ какою угодно скоростью; на сторонѣ же вечера мы можемъ видѣть только тѣ изъ нихъ, которые движутся въ томъ же направленіи, какъ и земля, но быстрѣе ея, и которые, слѣдовательно, насъ нагоняютъ. Такимъ образомъ, если метеоры независимы отъ обоихъ движеній земли, то они должны въ утренніе часы появляться въ значительно большемъ числѣ, чѣмъ вечеромъ. Изъ этихъ соображеній мы видимъ, что тщательная статистика этихъ явленій можетъ привести къ высшей степени важнымъ заключеніямъ относительно природы и космическаго происхожденія падающихъ звѣздъ и однородныхъ съ ними явленій болѣе крупнаго размѣра.

Для крупныхъ метеоровъ, появляющихся лишь изрѣдка, съ трудомъ можетъ быть установлена нѣкоторая зависимость отъ апекса. Съ тѣхъ поръ, какъ стали обращать больше вниманія на паденія метеорныхъ камней, послѣднихъ насчитывается въ среднемъ около пяти ежегодно. Однако исходя изъ этой цифры, можно лишь косвеннымъ путемъ заключить о дѣйствительномъ числѣ вообще падающихъ на землю камней. И прежде всего мы должны принять, что во время ночи столько же паденій проходятъ незамѣченными, сколько и днемъ. Далѣе, обитаемая цивилизованными людьми часть земной поверхности относится къ той части, на которой явленія этого рода совершенно не подвергаются наблюденію, какъ 1:100. Такимъ образомъ изъ пяти ежегодно наблюдаемыхъ паденій камней мы можемъ, не опасаясь преувеличенія, сдѣлать заключеніе, что въ дѣйствительности въ теченіе года падаетъ съ неба около тысячи камней или, что земля ежедневно бомбардируется приблизительно 2—3 подобными космическими снарядами. Если затѣмъ къ упомянутымъ пяти паденіямъ камней присоединить нѣкоторое количество метеоровъ большихъ размѣровъ, отъ которыхъ ни одного куска не падаетъ на землю, то все же ихъ число останется слишкомъ малымъ, чтобы на основаніи его можно было съ опредѣленностью установить существованіе суточнаго періода ихъ появленія. Но годичный періодъ несомнѣнно существуетъ. Въ нашемъ сѣверномъ полушаріи осенью бываетъ больше крупныхъ метеоровъ, чѣмъ весною, а повѣрка этого результата въ южномъ полушаріи по свидѣтельству Неймайера, организовавшаго соотвѣтствующія наблюденія въ Мельбурнѣ, подтвердила подобное возрастаніе числа крупныхъ метеоровъ для того времени, въ которое южный полюсъ идетъ впереди при движеніи земли вокругъ солнца.

На основаніи этого факта нельзя, однако, придти къ заключенію, что въ тѣхъ пространствахъ, чрезъ которыя земля проносится осенью, находится больше этихъ тѣлъ, чѣмъ въ весенней области земной орбиты; онъ, напротивъ, стоитъ въ связи съ направленіемъ апекса, мѣняющаго свое положеніе въ зависимости отъ временъ года. Мы можемъ здѣсь лишь слегка коснуться этихъ отношеній, не вдаваясь въ подробное разсмотрѣніе вопроса о распредѣленіи космическихъ тѣлъ въ пространствѣ, такъ какъ оно составитъ предметъ ближайшаго главнаго отдѣла. Вслѣдствіе наклоннаго положенія оси земли къ плоскости земной орбиты или, другими словами, вслѣдствіе т. наз. наклоненія эклиптики, въ нашемъ полушаріи осенью апексъ остается значительно долѣе надъ горизонтомъ въ сѣверныхъ широ-

тахъ, чѣмъ весною. Такъ какъ вѣроятность встрѣтиться съ метеоромъ представляется наибольшею въ направленіи апекса, то эта возможность осенью существуетъ болѣе продолжительное время, а такъ, какъ, съ другой стороны, въ направленіи апекса слагается движеніе метеора съ движеніемъ земли, то въ этомъ направленіи мы должны видѣть появленіе метеоровъ, движущихся съ наибольшею относительною скоростью. Такой выводъ подтверждается наблюденіемъ. Именно, обнаруживается интересное явленіе, что осенью, когда большая часть метеоровъ должна появляться изъ прилежащихъ къ апексу частей неба они взрываются на большей высотѣ надъ поверхностью земли, чѣмъ весною. Нисль нашелъ, что 29 осеннихъ болидовъ взрывались на высотѣ 63 клм., тогда какъ 22 весеннихъ метеора въ среднемъ на высотѣ всего 45 клм. надъ поверхностью земли. Значительно большая скорость первыхъ обусловливаетъ болѣе сильное треніе и вслѣдствіе этого быстрѣе наступающій взрывъ. Съ этимъ согласуется также отмѣченное Ньютономъ въ Нью-Гевенѣ явленіе, что весною наблюдается гораздо больше метеоровъ, взрывъ которыхъ сопровождается звукомъ. При болѣе низкомъ положеніи мѣста взрыва звукъ долженъ легче доходить до насъ.

Къ числу весеннихъ метеоровъ, сопровождавшихся сильнымъ трескомъ, принадлежитъ также метеоръ, появившійся надъ Мадридомъ 10 февраля 1896 г. около $9^1/_2$ часовъ дня, который среди жителей этого города и значительной части Испаніи произвелъ настоящую панику. Его блескъ затмилъ даже ярко свѣтившее солнце. Изъ того обстоятельства, что свѣтовое явленіе предшествовало оглушительному треску взрыва приблизительно на $1^1/_2$ минуты, можно было заключить, что взрывъ метеора произошелъ на высотѣ около 30 клм. Несмотря, однако, на такое разстояніе, колебаніе воздуха было все-таки настолько сильно, что каменныя стѣны рушились и разбились оконныя стекла. Высота барометра внезапно испытала колебаніе на 11,4 мм. вверхъ и внизъ. Трескъ былъ слышенъ на 250 км. въ окружности. Однако, камни при этомъ упали на землю въ весьма небольшомъ количествѣ. Что касается точнаго изслѣдованія пути метеора, то, въ виду весьма противорѣчивыхъ и относительно этого явленія извѣстій, оно не могло быть произведено. Предполагаютъ, что въ разсматриваемомъ случаѣ одновременно въ нашу атмосферу ворвался цѣлый рядъ метеоровъ, какъ это несомнѣнно было доказано для однороднаго явленія 16 января 1895 г. Въ этотъ послѣдній день надъ Богеміей, Моравіей и Силезіей въ теченіи 3 минутъ появилось три различныхъ метеора, которые не стояли другъ съ другомъ ни въ какой связи.

Совершенно опредѣленно выступаютъ искомыя періодическія отношенія въ многочисленныхъ потокахъ падающихъ звѣздъ. Невозможно себѣ сразу и представить, какъ необычайно велико ихъ число. Вполнѣ установлено, что одинъ наблюдатель на той части небеснаго свода, которую можетъ обнять его взоръ, видитъ невооруженнымъ глазомъ въ среднемъ десять падающихъ звѣздъ въ теченіе часа. Сообразно съ этимъ во всей видимой поверхности небеснаго свода можно наблюдать въ теченіи одного часа отъ 30 до 40 подобныхъ звѣздъ. Американскій профессоръ Ньютонъ показалъ, что эта область составляетъ только 10460-тую часть всей атмосферы. Значитъ, вся земля встрѣчаетъ каждый часъ не менѣе 300,000—400,000 или ежедневно около 10 милліоновъ падающихъ звѣздъ. Все міровое пространство такимъ образомъ должно представляться наполненнымъ этою космическою пылью на подобіе того, какъ нашъ воздухъ—земною пылью. Если средній вѣсъ каждой падающей звѣзды принять даже только въ 5 граммовъ, что, конечно, слишкомъ мало, то получится, что къ землѣ ежегодно прибавляется до 20 милліоновъ килограммовъ матеріи изъ мірового пространства, не считая метеорныхъ камней и метеорной пыли въ собствен-

номъ смыслѣ слова. Если только послѣдняя не летитъ цѣлыми потоками, то незамѣтно вторгается въ атмосферу и, нужно думать, настолько же, по меньшей мѣрѣ, содѣйствуетъ упомянутому увеличенію вѣса земли, какъ и падающія звѣзды. Намъ необходимо будетъ считаться съ этимъ фактомъ при разсмотрѣніи земли въ ея взаимодѣйствіи съ другими міровыми тѣлами.

Число звѣздъ, расположенное по часамъ средняго времени, на основаніи 35-лѣтнихъ наблюденій Шмидта въ Аѳинахъ, представляется въ слѣдующемъ видѣ:

вечера	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4 часа утра
число	3,8	4,6	5,6	6,8	8,2	9,8	11,5	13,1	14,4	15,0	14,8

Увеличеніе числа падающихъ звѣздъ по мѣрѣ приближенія къ утреннимъ часамъ представляется здѣсь очевиднымъ. Замѣчаемое съ 3 часовъ утра пониженіе ихъ числа объясняется наступленіемъ утренней зари, вслѣдствіе чего меркнутъ слабѣйшія изъ падающихъ звѣздъ. Поэтому теоретическій выводъ о наступленіи максимума около 6 часовъ утра не можетъ быть провѣренъ наблюденіями. Намъ остается такимъ образомъ лишь отмѣтить тотъ фактъ, что на практикѣ максимумъ числа падающихъ звѣздъ наблюдается обыкновенно около 3 часовъ утра.

Если опредѣлить по этимъ даннымъ среднее часовое число падающихъ звѣздъ для каждой ночи и затѣмъ для каждаго мѣсяца, то получится слѣдующій рядъ для годичнаго періода:

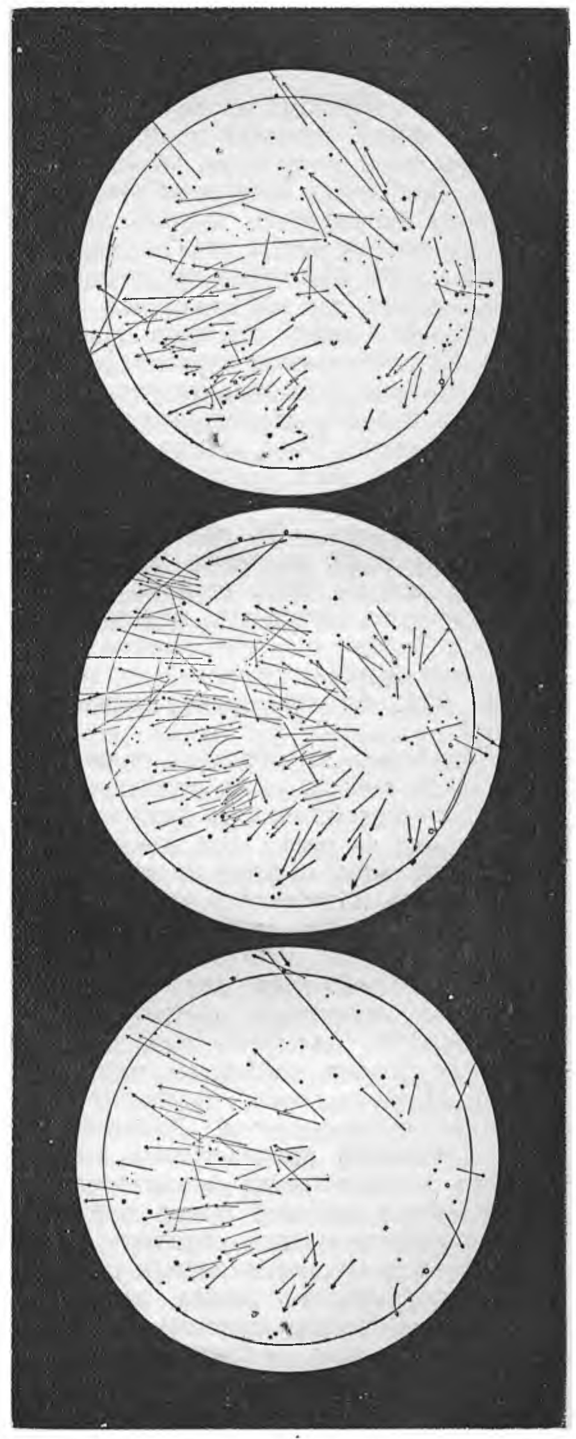
январь	февраль	мартъ	апрѣль	май	іюнь	іюль	августъ	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
8,6	5,6	6,5	6,4	6,0	6,1	11,1	20,6	9,8	14,1	13,3	12,2

Большее число падающихъ звѣздъ во второй половинѣ года бросается въ глаза. Если исключить августъ, когда появляется извѣстный, заслуживающій ближайшаго разсмотрѣнія, рой падающихъ звѣздъ, нарушающій обыкновенный статистическій методъ при выводѣ среднихъ чиселъ, то для первой половины года среднее часовое число падающихъ звѣздъ равно 6,5, а для второй—12,1, т. е. почти вдвое больше. Вліяніе положенія апекса относительно мѣста наблюденія вполнѣ доказывается этими рядами чиселъ какъ въ его суточномъ, такъ и въ годичномъ проявленіи, а этимъ подтверждается космическій характеръ явленія.

Въ послѣднемъ изъ приведенныхъ рядовъ среднихъ чиселъ для каждаго мѣсяца нѣтъ того правильнаго возрастанія, какъ въ соотвѣтствующемъ ряду для каждаго часа, въ немъ замѣтны скачки, въ особенности для августа мѣсяца. Эти скачки объясняются существованіемъ неравномѣрнаго распредѣленія падающихъ звѣздъ въ пространствѣ, что всего яснѣе выражается въ такъ называемыхъ *потокахъ* падающихъ звѣздъ. Такимъ образомъ и непосредственно изъ наблюденія вытекаетъ то же самое, что мы теоретически признали необходимымъ, предположивъ космическую природу падающихъ звѣздъ, а именно, что въ опредѣленные дни каждаго года ихъ число значительно увеличивается. Наиболѣе извѣстны изъ потоковъ падающихъ звѣздъ суть слѣдующіе: потокъ 10-го августа, названный „*огненными слезами св. Лаврентія*“, въ честь сожженнаго въ 258 г. въ Римѣ мученика, и затѣмъ потокъ падающихъ звѣздъ, правильно повторяющійся около 12-го ноября. Оба потока можно исторически прослѣдить въ прошломъ очень далеко, а именно: августовскій до 830 г., ноябрьскій же до—902 г. Они встрѣчались съ землею постоянно на одномъ и томъ же мѣстѣ ея орбиты, съ уклоненіемъ не болѣе, какъ на одинъ день, хотя, конечно, календарное число года для этихъ встрѣчъ въ теченіи столѣтій должно было постепенно передвигаться.

Ноябрскій потокъ представилъ блестящее зрѣлище въ 1799 году, когда его наблюдали въ Куманѣ (Венецуелѣ) Гумбольдтъ и Бонпланъ; съ

тѣхъ поръ астрономы обратили вниманіе на падающія звѣзды, до тѣхъ поръ считавшіяся за простыя атмосферическія явленія и потому не возбуждавшія къ себѣ особеннаго интереса. Въ упомянутомъ году, 12 ноября, приблизительно съ $2^1/_2$ часовъ ночи внезапно появились тысячи падающихъ звѣздъ, въ перемѣшку съ огнеными шарами (болидами), такъ что почти все небо было залито огнемъ. Всѣ падающія звѣзды летѣли по извѣстному направленію. Ихъ появленіе было замѣчено во многихъ мѣстахъ земли. Правда, въ ближайшіе затѣмъ годы, когда разсматриваемыя ноябрскія падающія звѣзды были несравненно малочисленнѣе, онѣ ничего особеннаго не представляли; только въ 1823 и 1832 гг. наблюдали болѣе богатое паденіе звѣздъ. Но никогда оно не было такъ великолѣпно, какъ въ слѣдующемъ 1833 году. „Огненные шары вылетали изъ одного и того же мѣста на подобіе ракетъ и, притомъ, въ такомъ большомъ числѣ, что напоминали собою густо падающіе хлопья снѣга; небо же, почти сплошь, было залито огнемъ“ (Литтровъ-Вейсъ). Главными наблюдателями этого потока были Ольмстедъ и Пальмеръ въ Нью-Гевенѣ (Сѣверная Америка). Въ Бостонѣ еще около 6 часовъ утра, когда наибольшее напряженіе явленія давно уже прошло, насчитывали 650 падающихъ звѣздъ въ теченіи четверти часа. Въ общемъ для горизонта Бостона число падающихъ звѣздъ составило, вѣроятно, около четверти милліона, тогда какъ обыкновенно за это время выпадаетъ всего сто падающихъ звѣздъ. Сообразно съ этимъ мы должны строго различать случайныя или спорадическія падающія звѣзды отъ періодическихъ. При полученіи приведенныхъ выше среднихъ величинъ такое разграниченіе было произведено, насколько къ тому



Метеорные пути по наблюденіямъ А. Кольтона, произведеннымъ 9, 10 и 11 августа 1894 г. въ Ликской обсерваторіи.

представлялась возможность; однако вполнѣ достигнуть этого нельзя, чѣмъ и объясняются неправильности вышеприведеннаго ряда среднихъ чиселъ по мѣсяцамъ.

Такимъ образомъ въ міровомъ пространствѣ носятся цѣлыя тучи космической пыли, которыя иной разъ, какъ громадный рой комаровъ, влетаютъ въ нашу воздушную оболочку, гдѣ вспыхиваютъ и разлетаются въ прахъ. При этомъ массовомъ вторженіи тѣлъ, несущихся въ пространствѣ по одному направленію, должна, очевидно, получаться извѣстная правильность въ расположеніи ихъ видимыхъ путей, о которой мы можемъ легко составить себѣ нѣкоторое представленіе на слѣдующемъ примѣрѣ. Допустимъ, именно, что мы находимся на полотнѣ желѣзной дороги, по которому справа и слѣва отъ насъ проходятъ въ совершенно прямомъ направленіи многочисленные параллельные между собою рельсы; въ такомъ случаѣ рельсовые пути впереди насъ будутъ казаться вслѣдствіе преспективы все болѣе и болѣе сходящимися, пока наконецъ они не сольются вдали въ одну точку. Если теперь въ ночное время по каждому рельсовому пути изъ этой дали будутъ приближаться къ намъ поѣзда, то сначала будетъ виденъ только свѣтъ ихъ фонарей, сливающійся въ одну блестящую поверхность. Съ какою бы скоростью ни приближались къ намъ поѣзда, мы, тѣмъ не менѣе, сначала совершенно не замѣтимъ ихъ движенія, а затѣмъ намъ станетъ казаться, что свѣтящіяся точки отдѣльныхъ поѣздовъ начинаютъ медленно отдѣляться другъ отъ друга, расходясь все болѣе и болѣе вправо и влѣво. Въ дальнѣйшемъ, скорость этого расхожденія стремительно возрастаетъ, пока, наконецъ, поѣзда со своими какъ бы огненными глазами не пронесутся мимо насъ по обѣ стороны.

Подобнымъ же образомъ должно происходить явленіе періодическихъ падающихъ звѣздъ, если отдѣльныя, участвующія въ немъ частицы дѣйствительно описываютъ въ пространствѣ параллельныя орбиты, направляющіяся прямо на насъ. Это вполнѣ подтверждается наблюденіями. Въ самомъ дѣлѣ, если нанести на карту звѣзднаго неба кажущіеся пути падающихъ звѣздъ подобнаго роя и продолжить эти линіи въ обратную сторону, т. е. въ ту сторону, откуда метеоры летѣли, то всѣ онѣ пересѣкутся въ одной и той же точкѣ, такъ называемой *точкѣ радіаціи* или *радіантѣ*. Послѣдняя для каждаго періодическаго потока занимаетъ постоянное положеніе среди неподвижныхъ звѣздъ. Напр., потокъ св. Лаврентія вылетаетъ изъ части небеснаго свода, занимаемой созвѣздіемъ Персея, вслѣдствіе чего падающія звѣзды этого потока называются „*Персеидами*"; ноябрскіе метеоры имѣютъ радіантъ въ созвѣздіи Льва и называются „Леонидами". И если бы кто нибудь, не удовольствовавшись приведенными выше доказательствами, потребовалъ еще другихъ доказательствъ космической природы этого явленія, то неизмѣнное положеніе радіанта среди неподвижныхъ звѣздъ доказало бы ему это самымъ убѣдительнымъ образомъ. Дѣйствительно, въ то время, какъ всѣ періодическія падающія звѣзды нѣкоторой ночи или даже, въ случаѣ очень большихъ размѣровъ потока, нѣсколькихъ послѣдовательныхъ ночей продолжаютъ постоянно вылетать изъ одной и той же точки небеснаго свода, самая точка или радіантъ принимаетъ участіе въ кажущемся суточномъ движеніи всѣхъ звѣздъ, такимъ образомъ радіантъ, какъ вообще все то, что имѣетъ независимое отъ земли существованіе, совершенно независимъ и отъ суточнаго движенія земли около своей оси.

Мы приводимъ здѣсь положеніе нѣкоторыхъ радіантовъ наиболѣе извѣстныхъ потоковъ падающихъ звѣздъ, при чемъ обозначеніе мѣста на небесномъ сводѣ по прямому восхожденію и склоненію, какъ оно дано въ четвертомъ и пятомъ столбцахъ, будетъ объяснено нами въ другомъ мѣстѣ.

Рой	Эпоха	Максимумъ	Точка радіаціи		Имя открывшаго ученаго
			Прямое восхожденіе	Склоненіе	
Квадрантиды	28 дек. — 4 янв.	2 января	$15{,}3^h$	$52{,}5^0$	Гейсъ
Лириды	16—22 апрѣля.	20 апрѣля	18,0	32,5	Геррикъ
Персеиды	11 іюля—22 авг.	10 августа	3,1	56,9	Мушенбрэкъ
Оріониды	9—29 октября	18 октября	6,1	15,5	Шмидтъ
Леониды.	9—17 ноября	13 ноября	10,0	22,9	Гумбольдтъ
Андромедиды.	25—30 „	27 „	1,7	43,8	Брандесъ
Геминиды.	1—14 декабря	10 декабря	7,2	32,6	Грегъ

Изъ этой таблицы мы видимъ, что вторженіе роевъ не всегда ограничено однимъ или нѣсколькими днями; напротивъ, напр., Персеиды становятся замѣтны уже за мѣсяцъ до дня ихъ наибольшаго напряженія.

Радіантъ даннаго потока падающихъ звѣздъ, какъ это явствуетъ изъ предшествующаго изложенія, даетъ намъ нѣкоторыя указанія относительно направленія, по которому рой летѣлъ передъ тѣмъ въ небесномъ пространствѣ. Такъ какъ всѣ матеріальныя точки въ солнечной системѣ,—мы постараемся доказать это ниже,—должны обращаться около солнца по коническимъ сѣченіямъ, то для падающихъ звѣздъ, подобно тому, какъ и для кометъ, можно принять одну изъ трехъ формъ коническихъ сѣченій. Въ этихъ случаяхъ на первыхъ порахъ избираютъ всегда среднюю форму коническаго сѣченія — параболу. То обстоятельство, что разстояніе падающихъ звѣздъ отъ солнца въ тотъ моментъ, когда онѣ становятся видимы для насъ, равняется разстоянію земли отъ него, значительно облегчаетъ дальнѣйшее изслѣдованіе. Поэтому мы въ состояніи, зная только радіантъ извѣстнаго потока, вычислить его орбиту во всѣхъ ея частяхъ, какъ до, такъ и послѣ встрѣчи его съ землею, и притомъ по крайней мѣрѣ съ такимъ же приближеніемъ, какъ и при первоначальномъ опредѣленіи кометной орбиты. Болѣе точныхъ, однако, результатовъ въ разсматриваемомъ случаѣ нельзя получить по причинѣ неизбѣжныхъ ошибокъ наблюденія.

И вотъ, въ настоящее время выяснено, что главнѣйшіе рои падающихъ звѣздъ движутся по тѣмъ же самымъ орбитамъ, по которымъ движутся извѣстныя періодическія кометы. Персеиды первые представили поразительный тому примѣръ. Скіапарелли доказалъ, что они движутся вдоль орбиты кометы 1862 III, которая, хотя и была видима просто глазомъ, однако, ничего особеннаго не представляла. Ея орбита пересѣкаетъ орбиту земли въ той точкѣ, въ которой наша планета ежегодно бываетъ 10-го августа. Обращеніе кометы вокругъ солнца совершается въ 123 года. Еще болѣе интереснымъ представилось изученіе Леонидъ, для которыхъ удалось доказать совпаденіе ихъ орбиты съ орбитою кометы 1866 I. Эта послѣдняя имѣла видъ неясной, для невооруженнаго глаза вообще незамѣтной массы, время обращенія которой было вычислено въ 33,2 года. И вотъ, оказалось, что этотъ рой падающихъ звѣздъ, для котораго a priori отнюдь нельзя было предположить эллиптической орбиты, также имѣетъ періодъ обращенія въ 33 года, такъ какъ по прошествіи такого промежутка времени явленіе ноябрскихъ метеоровъ постоянно обнаруживало особенное напряженіе. Когда Гумбольдъ впервые въ 1799 г. обратилъ вниманіе на Леониды, ему разсказывали, что подобное же паденіе звѣздъ наблюдалось и въ 1766 г. въ Центральной Америкѣ, а съ другой стороны намъ извѣстно, что въ 1832 и 1833 гг. снова было видно въ указанные выше ноябрскіе дни необычайно много падающихъ звѣздъ. На основаніи этого можно было заранѣе предсказать для 1866 года повтореніе небеснаго фейерверка, который въ са-

момъ дѣлѣ и оказался великолѣпнымъ. Указанія, найденныя въ лѣтописяхъ различныхъ народовъ, равнымъ образомъ подтвердили этотъ періодъ, такъ что, даже не зная причины явленія, можно было бы съ большой вѣроятностью ожидать повторенія чудеснаго зрѣлища въ ночное время между 11 и 13 ноября 1899 г. Послѣ же того, какъ намъ стала извѣстна внутренняя связь между этими падающими звѣздами и упомянутой выше кометой, орбита которой была изслѣдована во всѣхъ отношеніяхъ, такая вѣроятность превратилась въ достовѣрность *).

Какъ, однако, можно представлять себѣ эту связь между кометами и падающими звѣздами? Августовское паденіе звѣздъ ежегодно повторяется съ одинаковымъ напряженіемъ, не обнаруживая особеннаго колебанія, тогда какъ движущаяся по той же орбитѣ комета совершаетъ свое обращеніе въ 123 года; ноябрьскіе метеоры также появляются ежегодно, но черезъ извѣстные промежутки времени они проявляютъ особенное напряженіе. Эти явленія можно объяснить только такимъ образомъ, что на протяженіи сильно растянутаго эллипса кометной орбиты, по которому движутся Персеиды, составляющія ихъ отдѣльныя тѣла распредѣлены довольно равномѣрно, и что, въ данномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ эллиптическимъ кольцомъ падающихъ звѣздъ, пересѣкающимъ земную орбиту, съ которымъ сама земля встрѣчается ежегодно 10-го августа. Напротивъ, для Леонидъ нужно предположить весьма сильную скученность падающихъ звѣздъ въ нѣкоторомъ мѣстѣ орбиты, при чемъ этотъ рой встрѣчается съ землею каждые 33 года; въ то же время на всемъ остальномъ протяженіи кометной орбиты разсѣяны лишь отдѣльныя падающія звѣзды. Впрочемъ и Персеиды обнаруживаютъ періодическія, хотя и не особенно рѣзкія, колебанія своего напряженія, на основаніи которыхъ, по мнѣнію Руд. Вольфа (Цюрихъ), можно заключить о существованіи 13 отдѣльныхъ скопленій падающихъ звѣздъ въ этомъ кольцѣ.

Падающія звѣзды, съ которыми мы ежегодно встрѣчаемся и которыя мы наблюдаемъ въ видѣ періодическихъ потоковъ, очевидно—не тождественны съ кометами, а стоятъ лишь въ нѣкоторой связи съ ними, которую предстоитъ намъ изслѣдовать. Вмѣстѣ съ тѣмъ вполнѣ возможно, что густой рой, съ которымъ мы между прочимъ встрѣтились въ ноябрѣ 1866 г., когда появилась и соотвѣтствующая комета, въ дѣйствительности составляетъ часть послѣдней. Скіапарелли доказалъ, что, если кометныя ядра дѣйствительно состоятъ изъ подобныхъ скопленій небольшихъ тѣлъ, то они дѣйствіемъ всеобщей, исходящей отъ солнца, силы тяготѣнія, которая можетъ быть наблюдаема во всей вселенной, необходимо должны мало по малу разложиться въ потокъ падающихъ звѣздъ, по своимъ свойствамъ напоминающій кольцо Персеидъ. Само собою разумѣется, что подобный процессъ разложенія требуетъ довольно долгаго времени. На этомъ основаніи можно заключить, что комета 1862 III уже съ давнихъ поръ принадлежитъ нашей солнечной системѣ, такъ какъ падающія звѣзды размѣщены вдоль ея орбиты довольно равномѣрно и поэтому не особенно густо. Среднее часовое число Персеидъ колеблется между 30 и 150. Но и вдоль орбиты потока Леонидъ, если не считать упомянутаго выше сгущенія, отдѣльныя тѣла распредѣлены довольно равномѣрно и притомъ гораздо гуще, чѣмъ въ Августовскомъ роѣ. Здѣсь также, повидимому, процессъ разложенія продолжается уже очень долго. Сгущеніе въ этомъ случаѣ можно, разсматривать какъ дѣйствительную часть кометы, которая во время прежнихъ оборотовъ послѣдней отдѣлилась отъ главнаго тѣла, какъ это мы раньше доказали для другихъ кометъ (см. стр. 212 и слѣд.).

---

*) Въ ноябрѣ 1898 годы леониды наблюдались въ ночь на 13 ноября по новому стилю, но въ значительно меньшей степени, чѣмъ въ 1832, 1833 и 1866 годахъ. *С. Глазенапъ.*

Такое предположеніе о дѣйствительномъ тожествѣ кометъ съ потоками падающихъ звѣздъ получило совершенно неожиданное и блистательное подтвержденіе въ появленіи такъ называемыхъ Андромедидъ. Именно, 27-го ноября 1872 года внезапно начался необыкновенно обильный дождь падающихъ звѣздъ, который во всей Европѣ и далеко за ея предѣлами обратилъ на себя вниманіе всего населенія. Авторъ имѣлъ возможность наблюдать это удивительное явленіе въ Гёттингенской обсерваторіи въ теченіе времени отъ 8 до 11 часовъ вечера. Онъ насчиталъ тогда со своимъ другомъ въ $2^3/_4$ часа 7651 падающую звѣзду; вслѣдствіе этого, каждую секунду падало въ среднемъ по одной падающей звѣздѣ. Такимъ образомъ одинъ наблюдатель могъ замѣтить въ теченіи часа приблизительно 1400, падающихъ звѣздъ между тѣмъ какъ среднее число падающихъ звѣздъ, наблюдаемыхъ обыкновенно въ теченіи часа, равно 13. Восемьдесятъ наиболѣе яркихъ путей этихъ метеоровъ было нанесено въ Гёттингенѣ на звѣздную карту, изъ которыхъ, какъ и другими наблюдателями, опредѣлилось положеніе точки радіаціи въ созвѣздіи Андромеды.

На основаніи этихъ данныхъ Клинкерфюсъ, бывшій въ то время директоромъ Гёттингенской обсерваторіи, вычислилъ орбиту столь неожиданно влетавшаго въ нашу атмосферу роя падающихъ звѣздъ, причемъ выяснилось совпаденіе его съ орбитой пропавшей съ 1856 г. кометы Біела (см. стр. 234). Въ виду такого результата нельзя было болѣе сомнѣваться въ существованіи связи между обоими явленіями. Но Клинкерфюсъ хотѣлъ попытаться опредѣлить, дѣйствительно ли въ разсматриваемомъ случаѣ земля столкнулась съ частью самой кометы; это можно было предположить на томъ основаніи, что въ предшествующіе годы 27-го ноября не наблюдалось никакого особенно выдающаго потока падающихъ звѣздъ, хотя въ означенный день, какъ замѣтили Литтровъ и другіе, земля проходила чрезъ точку пересѣченія своей орбиты съ орбитою кометы Біэла. Уже раньше предвидѣли возможность столкновенія съ этою кометою въ этотъ день, но самаго года, когда столкновеніе могло произойти, нельзя было предсказать съ точностью. Вотъ теперь и спрашивалось, дѣйствительно ли 27-го ноября 1872 г. послѣдовало такое столкновеніе? Это, конечно, былъ весьма интересный вопросъ, который при данныхъ обстоятельствахъ, пожалуй, могъ быть рѣшенъ. Если рой падающихъ звѣздъ, о которомъ идетъ рѣчь, при наблюденіи его съ бо̀льшаго разстоянія, дѣйствительно, имѣетъ видъ кометы, то въ разсматриваемомъ случаѣ онъ, тотчасъ послѣ встрѣчи съ землею, долженъ быть видимъ въ направленіи противоположномъ тому, по которому онъ казался летящимъ къ намъ, и притомъ также въ формѣ кометы. Означенное направленіе должно быть на небесномъ сводѣ, очевидно, прямо противоложнымъ точкѣ радіаціи и лежать въ такъ называемой точкѣ схожденія, въ которой пути падающихъ звѣздъ должны опять сойтись, если бы мы могли наблюдать ихъ далѣе, по ту сторону нашей атмосферы. Къ сожалѣнію для Андромедидъ эта точка схожденія лежитъ въ такой области небеснаго свода, которая невидима въ нашихъ широтахъ. Такимъ образомъ, чтобы имѣть возможность рѣшить поставленный выше вопросъ, Клинкерфюсу необходимо было телеграфировать въ одну изъ обсерваторій южнаго полушарія. Соотвѣтствующая депеша была отправлена 30-го ноября въ Мадрасъ, но только вечеромъ 2-го декабря удалось Погсону, директору тамошней обсерваторіи, обслѣдовать указанное въ депешѣ мѣсто, причемъ онъ тотчасъ же нашелъ комету съ хвостомъ въ 8 минутъ длиною. Ее можно было наблюдать до наступленія утренней зари, и при этомъ она обнаружила весьма замѣтное движеніе, соотвѣтствовавшее предположенію о тождественности ея съ интересующимъ насъ потокомъ падающихъ звѣздъ. Къ сожалѣнію, въ слѣдовавшіе затѣмъ дни погода была пасмурная, такъ что кометы болѣе не видѣли. Такъ какъ, однако, для

опредѣленія тождественности орбиты какой нибудь кометы съ орбитою другой, извѣстной уже кометы, должно быть произведено три наблюденія, отстоящія одно отъ другого по крайней мѣрѣ на одинъ день, то нельзя утверждать съ математической точностью, что наблюденная комета дѣйствительно составляетъ часть кометы Біела. Но во всякомъ случаѣ было доказано, что упомянутый рой падающихъ звѣздъ послѣ удаленія отъ насъ принялъ, вслѣдствіе перспективы, видъ кометоподобнаго тѣла. Дѣйствительно, то обстоятельство, что какъ разъ возлѣ данной точки схожденія въ соотвѣтствующую ночь появилась комета, не стоявшая съ разсматриваемымъ роемъ ни въ какомъ отношеніи, и что къ тому же она удалялась отъ земли со скоростью, необходимой при предполагаемой связи явленій,—это обстоятельство не можетъ быть приписано простому случаю.

При всемъ томъ нѣкоторые астрономы въ то время впали въ это заблужденіе. Объясняется это присущей астрономамъ склонностью не признавать простыхъ косвенныхъ доказательствъ, принимаемыхъ почти во всѣхъ другихъ наукахъ, какъ вполнѣ пригодное средство къ раскрытію истины. Вслѣдствіе этого въ тѣхъ случаяхъ, когда не представляется никакой другой возможности, какъ только идти такимъ не математическимъ путемъ, они весьма часто черезчуръ недовѣрчиво относятся къ получаемымъ при этомъ выводамъ. Но даже и подобные скептики должны были умолкнуть при блестящемъ повторномъ появленіи роя падающихъ звѣздъ ровно черезъ 13 лѣтъ, 27-го ноября 1885 г. На этотъ разъ о немъ было возвѣщено заранѣе. Комета Біела совершаетъ свое обращеніе вокругъ солнца въ $6^1/_2$ лѣтъ; поэтому, если 27-го ноября 1872 г. она была настолько близко къ землѣ, что вызвала упомянутый выше метеорный дождь, то черезъ $6^1/_2$ лѣтъ она снова должна была находиться на томъ же мѣстѣ земной орбиты, но зато сама земля находилась въ это время какъ разъ на противоположной части своей орбиты въ разстояніи 300 милліоновъ километровъ отъ кометы. Напротивъ, послѣ двухъ полныхъ оборотовъ послѣдней вокругъ солнца оба свѣтила снова должны сойтись въ критической точкѣ общей встрѣчи. Прямо поражающій дождь падающихъ звѣздъ, которымъ восхищались въ этотъ вечеръ много тысячъ людей доказалъ правильность вывода. Количество метеоровъ было на этотъ разъ гораздо больше, чѣмъ въ 1872 г. Въ Упсалѣ, напр., въ эту ноябрьскую ночь было насчитано 40844 падающихъ звѣзды; во время максимума, въ теченіе только четверти часа—4422 паденія, или 5 въ секунду. Одинъ наблюдатель въ Греціи утверждалъ, что ему удалось насчитать даже 40—50 въ секунду, а баронъ Тухеръ, наблюдавшій это величественное явленіе на своей частной обсерваторіи на о-вѣ Мальтѣ, полагалъ, что полученныя имъ данныя даютъ основаніе заключить, что на чистомъ небесномъ сводѣ для всего горизонта, видимаго съ его мѣста наблюденія, можно было бы насчитать въ теченіе 20 минутъ максимума по крайней мѣрѣ 9000 падающихъ звѣздъ. Онъ видѣлъ даже 39 огненныхъ шаровъ (болидовъ), блескъ которыхъ превосходилъ блескъ Венеры; ихъ свѣтъ былъ большею частью бѣлый, у нѣкоторыхъ же желтый и зеленоватый. Многіе изъ нихъ оставляли послѣ себя яркіе хвосты свѣта, и одинъ изъ числа послѣднихъ извивался на подобіе змѣи предъ глазами пораженнаго наблюдателя, пока, вращаясь, не распался наконецъ на части.

Всѣ газеты восторженно описывали великолѣпіе этого рѣдкаго явленія. Особенно живое описаніе явленія далъ одинъ наблюдатель на озерѣ Вольфганга: „Предвозвѣщенный потокъ падающихъ звѣздъ“, такъ пишетъ онъ, „прошелъ въ пятницу, 27-го ноября, между 6 и 8 часами вечера съ такою напряженностью, какой въ этомъ мѣстѣ никогда еще не наблюдалось на памяти людей. Огненные хлопья падали буквально, какъ снѣгъ, и въ общемъ получалось впечатлѣніе рѣдкаго, чудеснаго небеснаго

явленія. Небо было чистое, о какомъ только можно мечтать, блистали миріады звѣздъ, и было полнѣйшіе безвѣтріе. Внизу гладкое, какъ зеркало озеро, въ которомъ отражался небесный сводъ со всѣми звѣздами. Темные горные колоссы, съ рѣзкими контурами служили какъ бы рамой всей картинѣ, и на всемъ пространствѣ этого великолѣпнаго фона вдругъ начали вспыхивать тысячи метеорныхъ снопьевъ свѣта, которые, какъ лопающіяся ракеты, разбрасывали въ разныя стороны по небесному пространству свой мелкій огненный дождь, нерѣдко въ видѣ большихъ, извивающихся свѣтлыхъ путей. Все мѣстное населеніе было взволновано".

Падающія звѣзды 1885 г. вылетали изъ того же радіанта, что и въ 1872 г.; такимъ совпаденіемъ съ математической точностью было доказано, что оба явленія принадлежали къ одному и тому же рою. Далѣе, время обращенія роя вокругъ солнца должно было равняться или 13 годамъ или числу кратному отъ этого. Этимъ былъ данъ новый аргументъ въ пользу опредѣленія истиннаго пути роя на основаніи точки радіаціи, и получалась возможность сдѣлать опредѣленный выборъ относительно формы коническаго сѣченія. Если, теперь, принять время обращенія въ $13:2=6^1/_2$ лѣтъ, то явится возможность точно вычислить орбиту на основаніи одной только, опредѣленной изъ наблюденія, точки радіаціи, не прибѣгая уже къ необходимому въ другихъ случаяхъ произвольному предположенію параболической формы орбиты. Авторъ получилъ такимъ путемъ слѣдующія цифры, специальное значеніе которыхъ, правда, можетъ быть объяснено лишь въ теоретической части нашей книги, но которыя своимъ тождествомъ съ цифрами, данными въ послѣднемъ столбцѣ для явленія кометы Біелы въ 1852 г., сдѣлаютъ для читателя очевиднымъ совпаденіе обѣихъ, опредѣляющихся этими цифрами, орбитъ.

	1885 г.	1872 г.	1852 г.
Узелъ	245,55	245,55	246,19°
Наклоненіе.	12,35	12,40	12,33°
Перигелій	111,52	110,7	109,36°
Кратчайшее разстояніе .	0,8570	0,8662	0,8608
Эксцентриситетъ	0,7544	0,7518	0,7559
Время обращенія	6,52	6,52	6,62. лѣтъ.

Если съ этимъ несомнѣннымъ тожествомъ сопоставить тѣ два факта, что, во-первыхъ, комета Біелы съ тѣхъ поръ не появлялась снова, значитъ, если отъ нея вообще остался какой-нибудь слѣдъ, то его можно видѣть именно только въ этомъ роѣ падающихъ звѣздъ, и что, во-вторыхъ, въ другіе годы 27-го ноября появляются лишь совершенно единичные метеоры, имѣющіе подобную же орбиту, такъ что на протяженіи всей орбиты существуетъ одно лишь это скопленіе падающихъ звѣздъ, въ такомъ случаѣ придется, по меньшей мѣрѣ, признать, что то косвенное доказательство, которое существуетъ въ пользу признанія дѣйствительнаго тожества роя съ нѣкоторою частью находившейся съ 1846 г. въ процессѣ разложенія періодической кометы Біелы, представляется достаточно вѣскимъ. Между тѣмъ упомянутое только что разложеніе, очевидно, быстро подвигается впередъ; въ этомъ мы убѣждаемся изъ того, что въ концѣ ноября 1892 г. снова наблюдалось болѣе падающихъ звѣздъ, вылетавшихъ изъ того же радіанта потока Андромедидъ, чѣмъ обыкновенно, хотя число ихъ даже и приблизительно не подходило къ числу въ тотъ же день достопамятнаго 1885 года. Къ разсматриваемому моменту прошло уже полгода съ тѣхъ поръ, какъ комета, совершивши полный оборотъ съ 1885 г., прошла черезъ критическое мѣсто земной орбиты. За это время, очевидно, рой вытянулся уже настолько въ длину, что послѣднія отставшія падающія звѣзды еще пересѣкали земную орбиту, когда главная масса далеко уже унеслась отъ нея. Впрочемъ, явленіе въ этомъ году произошло на 4 дня раньше, что

Берберихъ и Бредихинъ объясняли возмущеніями, которыя комета должна была претерпѣть въ промежуткѣ времени подъ вліяніемъ Юпитера.

Въ своей „Теоріи падающихъ звѣздъ“, появившейся въ 1866 г., Скіапарелли доказывалъ связь между кометами и падающими звѣздами. Упомянувъ о дробленіи кометы Біела, онъ замѣтилъ: „Если дѣйствительно въ будущемъ она болѣе не появится, въ такомъ случаѣ астрономы несомнѣнно достигнутъ того, что будутъ знать, что съ нею сталось“, — это пророчество исполнилось гораздо раньше, чѣмъ можно было ожидать: мы знаемъ, что Литровъ еще въ тридцатыхъ годахъ совершенно правильно предсказалъ столкновеніе кометы Біела съ землей 27-го ноября, но лишь 2115 года. Ошибка произошла вслѣдствіе невѣрно взятаго времени обращенія, которое, между тѣмъ, существенно измѣнилось по причинѣ не принятыхъ въ соображеніе возмущеній. Такимъ образомъ уже въ 1872 г. мы были свидѣтелями наводившаго въ прежнее время столь сильный страхъ столкновенія земли съ частью кометы. Все, что мы при этомъ испытали, — это восхищеніе однимъ изъ великолѣпнѣйшихъ и поразительнѣйшихъ зрѣлищъ, какія только можетъ дать намъ звѣздное небо.

Переходя къ дальнѣйшему разсмотрѣнію явленій паденій звѣздъ, мы замѣтимъ, что въ нашихъ естественно-историческихъ коллекціяхъ имѣются куски отъ кометъ, представлявшихся намъ еще до самаго послѣдняго времени загадочными явленіями неба, и на этихъ, если можно такъ выразиться, пробахъ небесныхъ свѣтилъ мы видимъ, что послѣднія находятся въ тѣснѣйшемъ родствѣ съ нашей землей, по крайней мѣрѣ относительно элементарныхъ веществъ, изъ которыхъ они образованы. Если мы еще разъ сопоставимъ наши свѣдѣнія относительно природы кометъ, чтобы набросать себѣ ихъ общую картину, то прежде всего окажется, что кометы — суть матеріальныя тѣла, которыя, повинуясь всемірнымъ законамъ тяготѣнія, обращаются вокругъ солнца. Ядро ихъ состоитъ изъ твердыхъ частей, однако, вѣроятно, такимъ образомъ, что оно не образуетъ сплошного цѣлаго, а представляетъ конгломератъ метеорныхъ камней и падающихъ звѣздъ, окруженныхъ атмосферой газовъ, углеводорода и окиси углерода. Эта послѣдняя образуетъ прежде всего оболочку, въ которой ядро часто совершенно погружено, какъ это намъ представляется въ то время, когда комета находится еще очень далеко отъ солнца.

Какъ скоро имѣющее подобный составъ кометное тѣло достаточно близко подойдетъ къ солнцу, такъ что обращенная къ послѣднему сторона испытываетъ сильное дѣйствіе солнечной теплоты, то на обращенной къ солнцу сторонѣ начинаютъ совершаться бурныя явленія, обнаруживающіяся могучими истеченіями газовъ въ сторону солнца. Прежде всего начинаетъ выдѣляться углеводородъ, какъ это наблюдается и у метеоритовъ, которые были подвергнуты изслѣдованію при такихъ же условіяхъ въ нашихъ лабораторіяхъ. При еще болѣе сильномъ нагрѣваніи во время болѣе значительнаго приближенія къ солнцу испаряется натрій, наконецъ даже, въ одномъ до сихъ поръ наблюдавшемся случаѣ сентябрской кометы 1882 года, желѣзо, которое является главнѣйшею составною частью значительнаго числа метеоритовъ и которое, по нашимъ наблюденіямъ, не можетъ не входить также и въ составъ кометъ. При этихъ величественныхъ явленіяхъ неизбѣжно періодическое измѣненіе напряженія: мы видимъ, какъ кометы быстро измѣняются и, вслѣдствіе внезапнаго паденія напряженія, обнаруживаютъ необычайныя колебанія яркости. Само собою разумѣется, не обходится также и безъ того, чтобы отдѣльныя части не выбрасывались за предѣлы безъ сомнѣнія незначительной сферы притяженія ядра кометы. Если это совершается съ неособенно большой силой, то означенныя части разсѣиваются вдоль кометной орбиты и способствуютъ заполненію потока падающихъ звѣздъ, который долженъ образоваться уже

благодаря непрерывной работѣ силы тяготѣнія вслѣдствіе постепеннаго растяженія ядра кометы. Напротивъ, если подобное выбрасываніе происходитъ вслѣдствіе могучихъ взрывовъ, которые неизбѣжны при быстрой перемѣнѣ температуры сильно приблизившейся къ солнцу кометы, то выбрасываемымъ частямъ сообщается скорость, которая значительно уклоняется отъ скорости небеснаго тѣла, движущагося подъ дѣйствіемъ одной лишь силы притяженія солнца. При такихъ условіяхъ отдѣлившіяся тѣла могутъ двигаться иной разъ и по гиперболическимъ орбитамъ, какъ это мы наблюдали относительно нѣкоторыхъ метеоровъ большихъ размѣровъ; въ такомъ случаѣ они, врываясь въ нашу атмосферу со скоростью, превосходящею планетную скорость, должны казаться посланцами изъ отдаленнѣйшихъ пространствъ, лежащихъ за предѣлами нашей солнечной системы. Что силы подобнаго рода проявляются въ кометахъ, — это доказывается дробленіемъ послѣднихъ.

До сихъ поръ всѣ явленія, представляемыя кометами, были выводимы, какъ необходимыя слѣдствія изъ данныхъ наблюденій. Несравненно, однако, труднѣе, даже и при современныхъ нашихъ познаніяхъ, дать объясненіе образованію хвостовъ. Мы уже знаемъ, что вырывающіеся первоначально навстрѣчу солнцу кометные газы на извѣстномъ разстояніи отъ ядра измѣняютъ свое направленіе въ противоположную сторону, будучи отталкиваемы какою-то силою, исходящею изъ центральнаго свѣтила; подобнаго явленія отталкиванія мы не наблюдаемъ въ другихъ свѣтилахъ. Такимъ путемъ возникаетъ хвостъ, который является, повидимому, чѣмъ то безтѣлеснымъ, такъ какъ несмотря на размѣры, какихъ даже и приблизительно не достигаетъ ни одно другое, принадлежащее къ нашей системѣ небесное свѣтило, не замѣтно, однако, чтобы онъ оказывалъ какія-нибудь вліянія, за исключеніемъ свѣтового впечатлѣнія на нашъ глазъ. Кромѣ того, какъ извѣстно, этотъ загадочный придатокъ представляется совершенно прозрачнымъ.

Если обратиться для объясненія за помощью къ нашимъ земнымъ явленіямъ, то упомянутое отталкиваніе можно будетъ объяснить только электрическими силами. Дѣйствительно, нѣкоторыя особенности спектра тѣхъ кометъ, которыя, приблизившись къ солнцу, внезапно обнаруживали линію натрія, дѣлаютъ, по меньшей мѣрѣ, весьма вѣроятнымъ явленія сильныхъ электрическихъ разрядовъ въ кометныхъ ядрахъ. Могучія истеченія, вырывающіяся изъ ядра передъ образованіемъ хвоста, должны, безъ сомнѣнія, подобнымъ же образомъ отдѣлять одинъ отъ другого оба рода электричества, какъ это наблюдается въ такъ называемыхъ паровыхъ электрическихъ машинахъ. Каждая струя пара, встрѣчающая сопротивленіе въ отверстіи, изъ котораго она истекаетъ, даже вода каждаго водопада, вызываетъ электричество. Если истекающій газъ заряженъ, напр., отрицательнымъ электричествомъ, а ядро положительнымъ, то для объясненія отталкиванія въ сторону противоположную солнцу нужно допустить, что солнце содержитъ отрицательное электричество. Подобное электрическое дѣйствіе солнца на разстояніи можетъ быть доказано у насъ на землѣ, дальнѣйшія подробности о чемъ будутъ сообщены въ главѣ о солнцѣ.

Сначала Бесселемъ, затѣмъ Цёльнеромъ въ его книгѣ о природѣ кометъ и, наконецъ, Бредихинымъ былъ ближе изслѣдованъ вопросъ, въ какомъ состояніи должна находиться кометная матерія при допущеніи подобной отталкивательной силы, и какіе внѣшніе признаки при этомъ обнаруживали бы кометы. Въ основной по этому вопросу работѣ Цёльнера доказывается, прежде всего, несомнѣнное существованіе отталкивательной силы; но, конечно, послѣдняя должна, очевидно, дѣйствовать различно для различныхъ кометъ или даже для различныхъ стадій одной и той же

кометы. Иногда это отталкиваніе происходило съ необычайной силой; такъ, напримѣръ, комета Донати 1858 г. выбросила въ міровое пространство хвостовой лучъ, тянувшійся отъ ядра по прямой линіи, и частицы котораго двигались со скоростью около 180 км. въ секунду (см. рис. на стр. 203). Бредихинъ пытался вывести изъ формы хвостовъ величину отталкивательной силы. Ему удалось всѣ извѣстныя кометы раздѣлить по формѣ хвостовъ на три ясно различимые типа, именно, кометы съ прямымъ, въ противоположную отъ солнца сторону направленнымъ хвостомъ, далѣе, кометы съ хвостомъ, направленнымъ въ противоположную же отъ солнца сторону, по нѣсколько изогнутымъ, и наконецъ, кометы съ загибающимися къ солнцу хвостами. Всѣ три типа хвостовъ могутъ явиться у одной и той же кометы, одновременно или послѣдовательно; напр., у кометы Донати наблюдались одновременно хвосты перваго и второго типа. Хвосты перваго типа встрѣчаются, большею частью, у кометъ съ очень малымъ разстояніемъ перигелія, напр., кометы 1843 и 1882 гг. Второй типъ хвостовъ, самый обыкновенный, и на нашихъ рисункахъ представленъ у кометы 1881 III; напротивъ, хвосты третьяго типа встрѣчаются очень рѣдко. Что форма хвостовъ должна зависѣть отъ дѣйствующей на нихъ отталкивательной силы, — это ясно уже изъ того, что кривая, описываемая брошеннымъ камнемъ, находится въ зависимости отъ силы, съ какою камень брошенъ. И дѣйствительно, въ случаяхъ перваго типа было найдено, что отталкивательная сила приблизительно въ 11 разъ больше притягательной; въ случаяхъ второго типа отталкиваніе лишь немногимъ болѣе притяженія, приблизительно равняясь 1,4 послѣдняго; напротивъ, въ случаяхъ третьяго типа отталкиваніе составляетъ только 0,3 притяженія.

Причину этого различія отталкивательной силы нужно искать въ неодинаковомъ составѣ вещества кометъ; болѣе легкія вещества, вполнѣ естественно, отталкиваются одною и тою же силой сильнѣе, чѣмъ болѣе тяжелыя. Напр., хвосты перваго типа могутъ состоять изъ легкаго водорода, который, безъ сомнѣнія, долженъ содержаться въ кометныхъ ядрахъ въ относительно большихъ количествахъ. Шейнеръ въ этомъ отношеніи обращаетъ вниманіе на тотъ фактъ, что атомные вѣса водорода и углеводорода, присутствіе которыхъ прямо обнаруживается спектромъ кометъ, относятся приблизительно также, какъ приведенныя выше отталкивательныя силы для хвостовъ первыхъ двухъ типовъ, именно, какъ 11 и 1,3. Относительно обращенныхъ къ солнцу хвостовъ при такомъ предположеніи слѣдуетъ допустить, что они образованы изъ еще болѣе тяжелыхъ элементовъ, быть можетъ, изъ паровъ металловъ.

Слѣдуетъ замѣтить, что всѣ затрудненія, которыя встрѣчаются при объясненіи чудесныхъ хвостовъ кометъ, не вполнѣ устраняются допущеніемъ этой отталкивательной силы. Дѣйствительно, если мы видимъ здѣсь, съ одной стороны, дѣйствіе могущественной силы, которая распространяетъ исходящее изъ ядра вещество на пространствѣ милліоновъ километровъ, то, съ другой стороны, остается загадочнымъ, почему эти огромные, свѣтящіеся и рѣзко ограниченные хвосты представляются повидимому, совершенно лишенными вещества. На такое заключеніе наводитъ не только ихъ полная прозрачность, но въ особенности, также, то соображеніе, что истеченіе изъ ядра вещества, стоящаго къ массѣ послѣдняго, и безъ того уже весьма незначительной, въ замѣтномъ отношеніи, должно было бы вызвать дѣйствіе отталкиванія, которое оказало бы весьма значительное вліяніе на движеніе кометы. Бессель, напр., вычислилъ, что Галлеева комета, при предположеніи ежедневной потери, во время образованія хвоста, одной тысячной части своей массы, должна была бы возвратиться, вслѣдствіе толчковъ, происходящихъ при этомъ истеченіи, на 2—3 года ранѣе, чѣмъ это дѣйствительно случилось. Почти абсолютная точность во времени

возвращенія именно этой кометы, самой большой изъ числа извѣстныхъ намъ періодическихъ кометъ, доказываетъ, что ея хвостъ, съ точки зрѣнія нашихъ методовъ изслѣдованія, дѣйствительно заслуживаетъ, по выраженію Бабинэ, названія „видимое ничто“. Повидимому, послѣднее рѣшающее слово въ дѣлѣ объясненія этихъ таинственныхъ явленій суждено сказать когда-нибудь спеціалисту по электричеству на основаніи опытовъ, произведенныхъ въ его лабораторіи. Тамъ и теперь уже онъ изучаетъ въ высшей степени замѣчательныя явленія въ трубкахъ, внутри которыхъ достигнуто состояніе, настолько приближающееся къ абсолютной пустотѣ міроВого пространства, насколько это доступно для человѣческаго искусства. Если пропускать чрезъ подобныя гейслеровы трубки электрическіе разряды, то у отрицательнаго электрода, катода, будетъ наблюдаться истеченіе свѣтящихся частицъ, которое при извѣстныхъ условіяхъ, какъ именно показалъ Гольдштейнъ въ Берлинѣ, бываетъ необыкновенно похожимъ на явленіе кометныхъ хвостовъ. Эти искусственные кометные хвосты также представляются нематеріальными, насколько мы можемъ это опредѣлить, и однако въ нихъ должны происходить колебанія частицъ вещества, иначе мы не получили бы свѣтового впечатлѣнія.

Норбертъ Герцъ (въ Вѣнѣ) считаетъ вполнѣ возможнымъ, что отъ солнца направляются непосредственные разряды электричества, которые пролагаютъ себѣ путь черезъ наполненное, сравнительно густо, космическою пылью и небольшими тѣлами падающихъ звѣздъ пространство и потому ставшее проводникомъ. Если мы будемъ разсматривать отрицательный электродъ, какъ голову кометы, то катодные лучи, по аналогіи съ упомянутыми небесными тѣлами, представятъ отталкиваніе лучей въ соотвѣтственную сторону. Такъ какъ во всякомъ случаѣ разряжаться должна непремѣнно матерія, то, если даже разсматривать хвосты, какъ преимущественно электрическія явленія, Бредихинскіе типы возможно все-таки объяснить совмѣстнымъ дѣйствіемъ различной матеріи, которая, вырываясь изъ ядра, оказываетъ вліяніе на электропроводность пространства. Однако, изслѣдованія въ этомъ направленіи еще не закончены.

Впрочемъ, мы можемъ гордиться тѣмъ, что эти блуждающія вокругъ нашей планеты небесныя свѣтила, еще столѣтіе тому назадъ почти во всѣхъ своихъ проявленіяхъ представлявшія полнѣйшую загадку и даже до самаго послѣдняго времени державшія людей въ постоянномъ страхѣ, — въ настоящее время изучены ближе, чѣмъ всѣ другія, за предѣлами земли существующія явленія. Мы имѣемъ у себя подъ руками ихъ частицы; мы знаемъ ихъ составъ лучше, чѣмъ это можетъ быть достигнуто при помощи свѣтового луча относительно другихъ небесныхъ тѣлъ; намъ извѣстно, что и эти непрочныя, раздробляющіяся и разсѣивающіяся тѣла, приходящія къ намъ изъ неизвѣданныхъ глубинъ мірового пространства, также подчиняются дѣйствію непоколебимыхъ законовъ, опредѣляющихъ дивный порядокъ нашего планетнаго міра; — далѣе извѣстно, что всякій разъ, когда одно изъ подобныхъ тѣлъ дѣйствительно встрѣтится съ землей, мы вмѣсто всѣхъ ужасовъ „конца міра“ будемъ имѣть случай наслаждаться прекраснымъ зрѣлищемъ огненнаго дождя. Вспыхивая тогда, мертвая матерія, доселѣ безцѣльно, повидимому, носившаяся въ неизвѣданномъ міровомъ пространствѣ, снова соединяется съ населеннымъ міромъ и. быть можетъ, содѣйствуетъ осуществленію великихъ задачъ, которыя, въ круговоротѣ вѣчнаго созиданія, выясняются намъ въ идеальномъ пониманіи этого высшаго порядка всѣхъ вещей.

---

12. Зодіакальный свѣтъ.

Подъ тропиками почти каждую ночь, въ нашихъ же широтахъ только при рѣдкихъ благопріятныхъ условіяхъ и, притомъ, лишь для внимательнаго, опытнаго глаза, — показывается на глубокомъ темномъ небесномъ фонѣ матовый свѣтъ, поднимающійся надъ горизонтомъ въ формѣ пирамиды; изъ числа различныхъ явленій звѣзднаго неба онъ по своему характеру скорѣе всего можетъ быть сравненъ съ гигантской кометой. Такой же нематеріальной, повидимому, и прозрачной полосой покрываетъ онъ зодіакальныя созвѣздія, гдѣ его только и можно наблюдать, и откуда онъ получилъ свое названіе зодіакальнаго свѣта; такой же таинственной остается для насъ его природа.

На приложенной таблицѣ изображена та часть всего этого явленія, которая представляется наиболѣе яркой и потому чаще всего можетъ быть наблюдаема у насъ. Въ зависимости отъ положенія эклиптики относительно горизонта, которое мѣняется вмѣстѣ съ временами года, находится наклоненіе къ горизонту продольной оси пирамидальнаго свѣта. Поэтому только подъ тропиками она можетъ быть почти вертикально къ горизонту; для нашихъ же широтъ эклиптика только весною и осенью поднимается достаточно высоко, чтобы зодіакальныя созвѣздія могли выйти изъ тумана сгущенныхъ нижнихъ слоевъ воздуха и чтобы такимъ образомъ могло быть видимо нѣжное свѣтовое сіяніе зодіакальнаго свѣта. Весною зодіакальный свѣтъ виденъ по вечерамъ, осенью же — по утрамъ. Такъ какъ, однако, въ мартѣ затягивающіяся уже на вечернее время сумерки начинаютъ мѣшать наблюденію, то для вечерняго наблюденія зодіакальнаго свѣта февраль является наиболѣе благопріятнымъ мѣсяцемъ.

Если въ это время выйти въ чистое поле, гдѣ ни дымка, окутывающая постоянно городъ, ни блескъ посторонняго свѣта не мѣшаютъ наблюденію, то при благопріятныхъ атмосферныхъ условіяхъ и при отсутствіи луны можно всегда видѣть зодіакальный свѣтъ, наклоненный въ лѣвую сторону. Всего ярче онъ у горизонта хотя вслѣдствіе насыщенія парами нижнихъ слоевъ воздуха, такое усиленіе блеска не всегда явственно выступаетъ. Эта наиболѣе яркая и наиболѣе широкая сторона пирамиды находится у того мѣста горизонта, гдѣ закатилось солнце. Лишь очень неясно ограниченный, зодіакальный свѣтъ, постепенно суживаясь и ослабѣвая въ яркости, тянется черезъ созвѣздія Рыбъ, Кита и Овна, пока, наконецъ его вершина не теряется приблизительно около Плеядъ и Гіадъ, этихъ характерныхъ зимнихъ звѣздныхъ группъ. Никогда этотъ свѣтъ не покидаетъ пояса зодіака, а продольная ось пирамиды всегда направлена къ находящемуся подъ горизонтомъ солнцу. Въ такомъ видѣ разсматриваемое явленіе извѣстно уже два столѣтія; вѣроятно, даже, у египтянъ, еще въ ранніе періоды ихъ цивилизаціи, существовало почитаніе этого свѣта въ связи съ культомъ солнца.

Иногда, можно наблюдать, что пирамида не заканчивается вершиной, но продолжается въ видѣ свѣтлой полосы вдоль зодіака, доходя даже до противоположной точки горизонта. Впервые ясно замѣтилъ это явленіе Гумбольдтъ въ мартѣ 1803 г. въ тропическомъ поясѣ Атлантическаго океана. Онъ увидѣлъ, что свѣтъ принялъ на восточной сторонѣ такую же пирамидальную форму, какую онъ постоянно имѣлъ на другой сторонѣ, только онъ былъ слабѣе. Наконецъ, наши наблюденія надъ этимъ таинственнымъ свѣтомъ были пополнены открытіемъ такъ называемаго противосіянія (Gegenschein) *), наблюдавшагося въ первый разъ Брорзеномъ въ 1854 г. Ока-

*) Нѣмецкое слово „Gegenschein“, опредѣляющее открытое Брорзеномъ явленіе, принято всѣми учеными Западной Европы; даже англичане и американцы не нашли своего подходящаго слова и употребляютъ слово „Gegenschein“. *С. Глазенапъ.*



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Зодіакальный свѣтъ въ видѣ пирамиды.

Оригинальный рисунокъ Г. Гардера.

зывается, именно, что опоясывающая все небо полоса свѣта тотчасъ за вершиной пирамиды очень слаба, но затѣмъ ея яркость усиливается вплоть до мѣста, діаметрально противоположнаго видимому мѣсту солнца въ тотъ день. Это и есть противосіяніе (Gegenschein), которое очень трудно наблюдать, такъ какъ для этого кромѣ условій, необходимыхъ для видимости зодіакальнаго свѣта, требуется еще одно, а именно, чтобы оно не было вблизи Млечнаго Пути, передъ которымъ оно блекнетъ.

На основаніи наблюденій Шмидта, Дешеврена, Хейса, Вебера и Джонса, Шерманъ въ Балтиморѣ замѣтилъ періодическія колебанія размѣровъ зодіакальнаго свѣта, считая отъ солнца до вершины пирамиды и полагаетъ, что эти колебанія находятся въ зависимости отъ дѣятельности солнца. На основаніи очень неточныхъ наблюденій, онъ полагаетъ возможнымъ придти къ заключенію, что неизвѣстная намъ причина зодіакальнаго свѣта распространяетъ свое вліяніе всего дальше, чѣмъ меньше пятенъ на солнцѣ.

Вслѣдствіе слабости свѣта и диффузнаго распространенія занимающаго насъ явленія, телескопъ не могъ принести никакой пользы въ дѣлѣ его изученія; иное дѣло спектроскопъ: онъ приводитъ къ убѣжденію, что зодіакальный свѣтъ ни что иное, какъ солнечный свѣтъ, отраженный отъ твердыхъ тѣлъ. Также и полярископъ — инструментъ, дающій возможность отличать отраженный свѣтъ отъ прямого, подтверждаетъ результатъ, полученный при помощи призмы. Зодіакальный свѣтъ имѣетъ сплошной спектръ безъ свѣтлыхъ или темныхъ линій; послѣднія, впрочемъ, отсутствуютъ очевидно только по причинѣ его слабости. Правда, долгое время думали, что спектръ зодіакальнаго свѣта содержитъ извѣстную свѣтло-зеленую линію, характерную для спектра сѣвернаго сіянія, и на этомъ основаніи должны были и зодіакальному свѣту приписывать самостоятельное свѣченіе. Но затѣмъ, благодаря, именно, изслѣдованіямъ Райта (Wright), выяснилось, что означенная линія, выступая въ спектрѣ зодіакальнаго свѣта, наблюдается вмѣстѣ съ тѣмъ, и въ спектрѣ сіянія всего остальнаго неба. На этомъ основаніи нужно заключить, что въ упомянутыхъ случаяхъ происходятъ весьма слабыя сѣверныя сіянія, которыя могутъ быть замѣчены только въ спектроскопъ. Собственно же съ зодіакальнымъ свѣтомъ эта линія не имѣетъ ничего общаго.

Достойно вниманія, что несмотря на всю простоту и продолжительность разсматриваемаго явленія до сихъ поръ не могли создать сколько-нибудь основательной гипотезы относительно его природы. Джонсъ полагалъ, что зодіакальный свѣтъ происходитъ вслѣдствіе существованія кольца небольшихъ тѣлъ, въ родѣ падающихъ звѣздъ, которое окружаетъ землю, на подобіе кольца Сатурна по нашимъ современнымъ понятіямъ. Но Скіапарелли, который по поводу своихъ изслѣдованій о происхожденіи падающихъ звѣздъ занимался и этимъ предметомъ, нашелъ возможнымъ доказать несостоятельность этой гипотезы. Онъ показалъ, что, согласно извѣстнымъ намъ законамъ фотометріи, свѣтовое дѣйствіе подобнаго кольца въ противоположномъ солнцу направленіи должно являться минимальнымъ, тогда какъ описанное выше явленіе противосіяніе (Gegenschein) въ этомъ мѣстѣ снова обнаруживаетъ усиленіе яркости свѣта. Точно также и взглядъ, будто солнечное тѣло окружено чечевицеобразной туманной массой, представляющей остатокъ той туманной массы, изъ которой, по идеѣ Канта-Лапласа, нѣкогда образовалась наша солнечная система, встрѣчаетъ тѣ же самыя затрудненія, вытекающія изъ явленія противосіянія. Шерманъ пытался обойти это затрудненіе такимъ путемъ, что представлялъ себѣ противосіяніе, какъ особый придатокъ солнца, находящійся въ опредѣленномъ направленіи, и имѣющій быть можетъ лучеобразную форму, какъ это мы увидимъ въ такъ называемой солнечной коронѣ, удлиненіе которой за предѣлы земной орбиты также получило бы видъ зодіакальнаго свѣта. По-

добныя, направленныя къ землѣ, удлиненія могли бы затѣмъ вызвать явленіе противосіянія.

Если, такимъ образомъ, согласно этому пониманію мы имѣемъ дѣло съ придаткомъ солнца, обладающимъ нѣкоторымъ сходствомъ съ кометнымъ хвостомъ, то слѣдуетъ упомянуть о мнѣніи Ферстера въ Берлинѣ, который полагаетъ, что этотъ кометный хвостъ принадлежитъ не солнцу, а землѣ. Если теперь допустить, что означенный хвостъ направленъ въ сторону противоположную солнцу, въ такомъ случаѣ отраженный свѣтъ долженъ располагаться по оси хвоста, и такимъ образомъ можетъ быть дано ему объясненіе. Наибольшее напряженіе электрическаго свѣченія, какъ вообще въ хвостахъ кометъ, должно бы наблюдаться вблизи ядра, т. е. въ данномъ случаѣ вблизи земли, чѣмъ и объясняется пирамидальная форма зодіакальнаго свѣта съ основаніемъ у горизонта. Но и эта гипотеза встрѣчаетъ нѣкоторыя затрудненія. Во-первыхъ, ею не можетъ быть непосредственно объяснено расположеніе зодіакальнаго свѣта въ поясѣ зодіака, такъ какъ хвостъ долженъ окружать землю со всѣхъ сторонъ, а слѣдовательно его свѣтъ долженъ распространяться равномѣрно по всему ночному небу. Если же, для объясненія сгущенія свѣта именно въ поясѣ зодіака, допустить вмѣстѣ съ Ферстеромъ отклоненіе хвоста земли по направленію ея движенія, какъ это соотвѣтственно наблюдается въ кометныхъ хвостахъ, то должна отклониться и вся ось зодіакальнаго свѣта, а вмѣстѣ съ нею и мѣсто противосіянія, что, однако, противорѣчитъ наблюденію. Наконецъ, предположеніе электрическаго самосвѣченія, которымъ только и можетъ быть объяснено явленіе кометныхъ хвостовъ, не состоящихъ изъ падающихъ звѣздъ, не допустимо болѣе при объясненіи зодіакальнаго свѣта съ тѣхъ поръ, какъ выяснилось, что присутствіе въ спектрѣ этого свѣта зеленой линіи, характерной для сѣвернаго сіянія, получало ранѣе неправильное толкованіе, о чемъ мы уже упоминали выше.

Между тѣмъ въ новѣйшее время было доказано Зеелигеромъ, что, приведенныя также выше, возраженія фотометрическаго характера противъ взгляда, согласно которому зодіакальный свѣтъ представляетъ отраженіе солнечнаго свѣта отъ небольшихъ тѣлецъ, расположенныхъ вблизи земли, не выдерживаютъ болѣе критики въ виду современнаго развитія небесной фотометріи. Необходимо въ данномъ случаѣ принять въ соображеніе различное освѣщеніе отдѣльныхъ тѣлецъ или ихъ фазы. Какъ разъ тѣ изъ предполагаемыхъ нами тѣлецъ, которыя помѣщаются прямо противъ солнца, слѣдовательно, въ мѣстѣ противосіянія, обращены къ намъ своею вполнѣ освѣщенной стороной. Слѣдовательно, здѣсь долженъ наблюдаться наибольшій блескъ, если бы лучъ зрѣнія не встрѣчалъ въ этомъ мѣстѣ меньшее число этихъ тѣлецъ. Послѣднее число постепенно увеличивается приблизительно до 90^0 угловаго разстоянія отъ солнца, между тѣмъ какъ видимая часть освѣщенной половины означенныхъ тѣлецъ уменьшается. Такимъ образомъ объясняется вторичное усиленіе блеска въ противосіяніи. Мы уже раньше видѣли, что міровое пространство повсюду наполнено миріадами мельчайшихъ тѣлецъ или падающихъ звѣздъ. Явленіе зодіакальнаго свѣта заставляетъ, повидимому, предположить, что эти тѣла особенно густо разсѣяны вдоль самой земной орбиты, такъ какъ только такимъ образомъ можно объяснить положеніе зодіакальнаго свѣта вдоль эклиптики. Въ послѣдней главѣ этого сочиненія мы увидимъ, что подобное сгущеніе вещества именно на этомъ пути земли въ міровомъ пространствѣ соотвѣтствуетъ тѣмъ воззрѣніямъ, какія мы можемъ составить себѣ относительно происхожденія нашей планеты.

Итакъ, становится вѣроятнымъ, что тайна зодіакальнаго свѣта раскрывается допущеніемъ существованія пояса весьма рѣдко расположенныхъ отдѣльныхъ матеріальныхъ частицъ, окружающаго солнце на разстояніи земли, на подобіе темнаго кольца Сатурна.

13. Солнце.

Уже въ первые періоды своего существованія человѣчество должно было сознавать, что солнце для него наиболѣе важное изъ всѣхъ небесныхъ свѣтилъ. Въ нашемъ вступленіи мы привели примѣры обоготворенія солнца народами, стоящими на самыхъ низкихъ ступеняхъ культуры. Поэтому можетъ показаться страннымъ, что описаніе небесныхъ свѣтилъ мы не начали съ центральнаго свѣтила нашей системы, а помѣщаемъ его въ концѣ длиннаго ряда небесныхъ міровъ, которые подчинены ему. Но изучая солнце, мы убѣдимся, что встрѣчаемъ въ немъ свѣтило совсѣмъ особаго рода, имѣющее очень мало общихъ чертъ съ тѣми свѣтилами, которыя обращаются вокругъ него, и гораздо болѣе чуждое намъ, чѣмъ планеты. Послѣднія многими признаками родственны землѣ и потому болѣе понятны намъ, чѣмъ этотъ лучистый гигантскій шаръ, въ неприступномъ величіи одиноко царящій на дневномъ небѣ. Приступая къ изученію небесныхъ свѣтилъ, мы хотѣли исходной точкой имѣть хорошо извѣстную намъ землю; это и опредѣлило тотъ путь, по которому мы слѣдовали. Свѣтила, родственныя нашему солнцу, какъ мы увидимъ, надо искать въ далекомъ мірѣ неподвижныхъ звѣздъ, знакомство съ которымъ естественно должно слѣдовать за описаніемъ солнца.

Но если бы даже, не зная распредѣленія свѣтилъ въ міровомъ пространствѣ, мы вздумали размѣстить ихъ въ той послѣдовательности, въ какой они обращаютъ на себя наше вниманіе, мы, вѣроятно, — какъ это ни парадоксально, — не помѣстили бы солнца на первое мѣсто. Солнце нельзя наблюдать непосредственно, какъ остальныя свѣтила, и наивный первобытный человѣкъ долженъ былъ продѣлать цѣлый рядъ довольно сложныхъ умозаключеній, прежде чѣмъ привелъ въ связь съ этимъ свѣтиломъ различныя дѣйствія солнца, окружавшія его со всѣхъ сторонъ; вѣдь, самое свѣтило онъ могъ созерцать лицомъ къ лицу всего нѣсколько минутъ при закатѣ или восходѣ и то только въ благопріятную погоду. И теперь въ обычной рѣчи мы часто называемъ дѣйствія солнца именемъ самаго свѣтила. Ребенокъ употребляетъ такіе обороты задолго до того, какъ узнаетъ, что солнце есть одно изъ небесныхъ свѣтилъ, тогда какъ луну и звѣзды онъ уже давно знаетъ, какъ небесныя свѣтила.

Это показываетъ, какъ тѣсно мы сжились въ нашихъ обыденныхъ ощущеніяхъ съ дѣйствіями этого могучаго свѣтила, отъ котораго зависятъ всѣ жизненныя проявленія на землѣ и даже въ концѣ концовъ всѣ движенія, совершающіяся въ мертвой природѣ какъ на землѣ, такъ и на планетахъ. Это отличаетъ солнце отъ всѣхъ свѣтилъ, которыя, кромѣ свѣтовыхъ дѣйствій, не имѣютъ никакого физическаго вліянія на нашъ земной міръ; единственное исключеніе представляетъ близкая къ намъ луна, вызывающая приливы и отливы. Нѣтъ сомнѣнія, что гибель всѣхъ остальныхъ свѣтилъ отразилась бы едва замѣтно на нашей жизни; но если бы потухло солнце, то гибель всего земного была бы неизбѣжна. Солнце находится въ столь же неразрывной связи съ нашей природой, какъ кровь съ нашимъ тѣломъ. Его дѣйствія такъ тѣсно связаны со всѣми явленіями, происходящими на землѣ, что только послѣ долгихъ и сравнительно сложныхъ размышленій мы начинаемъ приписывать эти дѣйствія далекому небесному тѣлу, для котораго земля есть то же самое, что для насъ всѣ другія планеты, обращающіяся вокругъ солнца и блуждающія по нашему небесному своду въ видѣ крошечныхъ свѣтлыхъ кружковъ.

Можно съ большой точностью опредѣлить, что съ солнца поперечникъ земли въ направленіи экватора равенъ всего 17″,7. Марсъ въ наибо-

лѣе благопріятномъ положеніи кажется намъ больше. Такъ какъ средній поперечникъ солнца, при наблюденіи съ земли, немного болѣе 32′,4, т. е. въ 108,6 разъ больше 17″,7, то истинный поперечникъ солнца во столько же разъ долженъ быть больше истиннаго поперечника земли. Слѣдовательно, солнце въ десять разъ больше Юпитера, самой большой изъ подчиненныхъ ему планетъ. Далѣе слѣдуетъ, что поверхность солнца приблизительно въ 12000 разъ больше поверхности земли. Если бы перенести весь нашъ земной міръ съ сушей и морями на солнце, то онъ занялъ бы тамъ относительно столь же малое пространство, какое на землѣ занимаетъ Датское королевство, поверхность котораго составляетъ 12000-ную часть всей земной поверхности. Во второй части нашей книги, на таблицѣ, изображающей нашу планетную систему, представлены относительныя величины планетъ и солнца. Еще колоссальнѣе покажется намъ громадный шаръ солнца, если мы представимъ, что внутри его можетъ помѣститься болѣе $1^1/_4$ милліона шаровъ величиною съ нашу землю. Изъ данной выше видимой величины земли съ солнца (половина этой величины т. е. 8″,85 называется солнечнымъ параллаксомъ) можно непосредственно вычислить разстояніе солнца въ частяхъ земного поперечника; оно равно круглымъ числомъ 20 милліонамъ миль или 150 милліонамъ километровъ. Такъ какъ видимый поперечникъ солнца испытываетъ очень незначительныя колебанія, во всякомъ случаѣ несравненно менѣе значительныя, чѣмъ поперечники планетъ, то слѣдовательно это разстояніе остается всегда почти одинаковымъ. Всего больше солнце кажется намъ около зимняго солнцестоянія, а всего меньше черезъ полгода послѣ этого. Разница равна приблизительно 64″, или 30-й части всего поперечника. Слѣдовательно, въ періодъ, когда на нашемъ сѣверномъ полушаріи зима, мы находимся къ солнцу ближе, чѣмъ лѣтомъ, на указанную часть всего разстоянія, т. е. на 5 милліоновъ клм. Эти круглыя числа могутъ послужить намъ достаточнымъ масштабомъ при изученіи солнечной дѣятельности, которой посвящено дальнѣйшее изложеніе.

Изъ всѣхъ дѣйствій нашего центральнаго свѣтила, которыя мы можемъ ежедневно видѣть и чувствовать около себя, мы прежде всего разсмотримъ солнечный свѣтъ и солнечную теплоту. Какъ уже сказано, собственно всѣ движенія, происходящія въ природѣ вокругъ насъ, и всѣ проявленія жизни надо приписать вліяніямъ солнца, т. е. космическимъ причинамъ, Солнцу мы обязаны смѣной дня и ночи, лѣта и зимы. Его лучистая теплота приводитъ въ движеніе громадный механизмъ нашей атмосферы, который въ вѣчномъ круговоротѣ заставляетъ обращаться воду по жиламъ живой земли. Солнечное тепло поднимаетъ нѣжный зародышъ изъ влажной земли и заставляетъ распускаться его зеленѣющіе листья. А затѣмъ солнечный свѣтъ начинаетъ свою совершенно еще таинственную для насъ работу; подъ его вліяніемъ зеленые листья разлагаютъ вдыхаемую ими угольную кислоту на углеродъ и кислородъ. Въ этомъ процессѣ заключается возможность взаимодѣйствія между животными и растеніями, которая и поддерживаетъ жизнь въ обоихъ большихъ царствахъ нашей земной природы. Безъ этой химической дѣятельности солнечнаго свѣта, который въ данномъ отношеніи является гораздо болѣе важнымъ двигателемъ всей жизни, чѣмъ кажется съ перваго взгляда, наша атмосфера становилась бы все менѣе годной для дыханія отъ выдыхаемой животными угольной кислоты. Съ другой стороны безъ нея растенія не могли бы доставлять намъ пищи, приготовляемой ими изъ соединеній, въ которыя вступаетъ освобождающійся углеродъ. Животныя существуютъ исключительно на счетъ этой пищи, такъ какъ они не могутъ, подобно растеніямъ, усваивать минеральныя вещества. Въ этомъ-то далеко еще невыясненномъ процессѣ, происходящемъ въ зеленыхъ листьяхъ подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта, и лежитъ ключъ всей жизни на землѣ. Насколько

колоссальна эта работа солнечнаго свѣта, ясно изъ слѣдующихъ данныхъ. Все человѣчество только въ одинъ годъ выдыхаетъ около 5 билліоновъ клгр. угольной кислоты. Благодаря этому въ 600 лѣтъ содержаніе угольной кислоты въ атмосферѣ должно бы удвоиться, а при подобныхъ условіяхъ дыханіе стало бы почти невозможнымъ, если бы растенія при помощи солнечныхъ лучей постоянно не очищали воздуха, т. е. не обогащали его кислородомъ.

Правда, всѣ наши искусственные источники свѣта могутъ до извѣстной степени замѣнить эту дѣятельность солнца, съ которой связано развитіе жизни; однако, всѣ эти источники, за однимъ единственнымъ исключеніемъ, возникли прямо или косвенно подъ вліяніемъ дѣятельности солнца. Нашъ каменный уголь, какъ извѣстно, растительнаго происхожденія; солнечный свѣтъ отдаленныхъ эпохъ исторіи земли работаетъ теперь въ нашихъ паровыхъ машинахъ и вновь вспыхиваетъ въ нашихъ электрическихъ лампахъ. Только въ томъ стучаѣ, когда мы получаемъ электричество отъ соприкосновенія двухъ металловъ, мы не можемъ прослѣдить происхожденіе развивающейся отсюда энергіи за предѣлы нашей планеты. Также точно въ тѣхъ немногихъ случаяхъ, когда мы пользуемся силой прилива, въ нашей работѣ помогаетъ намъ солнце, но главнымъ образомъ луна. Конечно, можно было бы пользоваться громаднымъ запасомъ энергіи, сосредоточеннымъ въ раскаленной внутренности земли, однако, нѣтъ надобности прибѣгать къ этому столь близкому источнику энергіи, пока далекій громадный источникъ щедро расточаетъ на насъ свои дары.

Но всѣ эти дѣйствія солнечной энергіи не касаются непосредственно астронома. Послѣдній изучаетъ ихъ только съ тѣмъ, чтобы сдѣлать заключеніе о природѣ могучаго міроваго свѣтила, которое составляетъ матерьяльный и творческій центръ нашей системы. Измѣряя съ этой точки зрѣнія фотометрически силу солнечнаго свѣта, мы получаемъ слѣдующій результатъ: для того, чтобы достигнуть съ искусственнымъ источникомъ степени освѣщенія, какое даетъ бѣлая бумага при совершенно ясномъ небѣ, надо взять источникъ въ 288.000 нормальныхъ свѣчъ и помѣстить его на разстояніи 1 метра отъ бумаги. Дуговая лампа въ 10.000 свѣчъ принадлежитъ къ сильнѣйшимъ, какія устраивались до сихъ поръ; но она можетъ освѣщать бумагу съ силой солнечнаго свѣта только на разстояніи 2 дециметровъ. Бондъ нашелъ, что свѣтъ полной луны въ 470.000 разъ слабѣе солнечнаго свѣта.

По изслѣдованіямъ Ланглея и другихъ, интенсивность солнечнаго свѣта, достигающаго до дна нашего воздушнаго океана, составляетъ всего половину дѣйствительно получаемаго землею; другая половина совершенно теряется для насъ. Сообщенныя выше числа даютъ намъ возможность опредѣлить дѣйствительную силу солнечнаго свѣта, т. е. найти, какова была бы степень освѣщенія въ томъ случаѣ, если бы листъ бумаги находился отъ солнечной поверхности не далѣе, чѣмъ отъ источника, взятаго для сравненія, т. е. на разстояніи 1 м. На самомъ дѣлѣ, какъ мы знаемъ, солнце находится на разстояніи 150 милліоновъ клм. или 150.000 милліоновъ метровъ. Такъ какъ освѣщеніе уменьшается пропорціонально квадрату разстоянія, то мы должны число, выражающее интенсивность лучистой энергіи солнца съ какою эта энергія доходитъ до верхнихъ слоевъ нашей атмосферы, т. е. 576.000 нормальныхъ свѣчъ помножить на квадратъ даннаго выше числа, выражающаго разстояніе солнца, и полученное число раздѣлить на квадратъ разстоянія солнечной поверхности отъ центра солнца. Послѣднее разстояніе равно круглымъ числомъ 693,000 клм. Въ результатѣ мы найдемъ, что сила свѣта солнечной поверхности равна 27.000 милліоновъ нормальныхъ свѣчъ. Конечно, мы не можемъ составить себѣ представленія о такихъ громадныхъ количествахъ энергіи. Мы можемъ

только заключить, что могучій источникъ солнечной энергіи долженъ быть необычайнымъ, если этотъ міровой свѣточъ можетъ разсылать свѣтъ въ теченіе вѣковъ,

Еще ярче выступитъ передъ нами колоссальная дѣятельность солнца, если мы измѣримъ работу, которую производятъ на нашей землѣ темные тепловые лучи, идущіе къ намъ изъ далекаго мірового разстоянія. Если дѣйствію солнечной теплоты подвергнуть на секунду черную поверхность въ 1 кв. метръ, которая, благодаря черной окраскѣ, способна поглощать все доходящее до нея тепло, то, какъ нашелъ Пулье, первоначальное количество теплоты этой поверхности увеличивается на 0,288 калорій. Въ физикѣ калоріемъ называется количество теплоты, которое необходимо для того, чтобы 1 кгр. воды, образовавшейся отъ таянія льда, т. е. имѣющей температуру 0^0, нагрѣть на 1^0 Цельсія. Этотъ окольный путь избранъ для опредѣленія количества сообщаемой теплоты, потому, что при немъ легче выразить работу, какую можетъ произвести одно и то же количество теплоты, а здѣсь главнымъ образомъ насъ это и интересуетъ. Именно, оказывается, что теплота, полученная въ 1 секунду отъ солнца черной поверхностью вышеуказанной величины, была бы достаточна (въ случаѣ, если бы ее употребили для топки въ паровой машинѣ), чтобы поднять въ тотъ же періодъ 1 клгр. на высоту 124 м. Эта работа соотвѣтствуетъ работѣ 1,65 лошадиныхъ силъ по обычному опредѣленію. Однако, половина тепловыхъ лучей поглощается атмосферой; слѣдовательно, за предѣлами атмосферы солнечная теплота способна на каждомъ квадратномъ метрѣ произвести въ секунду работу приблизительно въ 3,3 лошадиныхъ силы. Если мы хотимъ вычислить истинную работу лучистой теплоты солнца на разстояніи 1 метра отъ его поверхности, то пользуясь снова приведенными выше числами, мы найдемъ 157,000 лошадиныхъ силъ въ секунду на квадратный метръ солнечной поверхности. Вся поверхность солнца равна 58 триллiонамъ квадратныхъ метровъ, т. е. выражается 19-значнымъ числомъ, начинающимся съ 58. Вся работа, производимая лучистой теплотою солнца, выразится поэтому 24-значнымъ числомъ, начинающимся съ 9. Она равна приблизительно одному квадрильону лошадиныхъ силъ. Это громадное число указываетъ только, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ величинами, которыхъ представить себѣ мы не въ состояніи. Но этотъ фактъ свидѣтельствуетъ о томъ, что внутри нашего центральнаго очага совершаются могучіе процессы. Приступая къ подробному изученію солнца, мы въ правѣ ждать, что это изученіе можетъ также рѣшить вопросъ, какъ пополняются колоссальныя запасы энергіи, которые солнце теряетъ каждое мгновеніе. Несомнѣнно, что отъ рѣшенія этого вопроса зависитъ будущее всего существующаго на землѣ.

Возвращаясь еще разъ къ вышеприведеннымъ числамъ, укажемъ на то, что мы положили въ основаніе классическія работы Пулье, хотя позднѣйшія работы другихъ изслѣдователей превосходили ихъ точностью. Мы сдѣлали это потому, что работы Пулье до сихъ поръ еще остаются наиболѣе общепринятыми, а кромѣ того потому, что въ настоящемъ случаѣ не требуется большой количественной точности, тѣмъ болѣе, что между данными, полученными различными изслѣдователями для соотвѣтственныхъ величинъ, существуютъ вообще значительныя разногласія. Очень много трудностей въ этомъ отношеніи представляетъ наша атмосфера съ постоянно мѣняющимся содержаніемъ влаги. Послѣдняя поглощаетъ значительное количество теплоты, прежде чѣмъ она можетъ быть измѣрена на поверхности земли; съ другой стороны никоимъ образомъ нельзя точно опредѣлить количество влажности всѣхъ воздушныхъ слоевъ. Поэтому приходится ограничиваться приблизительнымъ разсчетомъ. Благодаря измѣнчивому содержанію влажности, вліяніе, какое должно бы имѣть измѣ-

неніе нашего разстоянія отъ солнца, на количество получаемой нами теплоты, остается совершенно незамѣтнымъ. Несомнѣнно, солнечное излученіе на нашемъ полушаріи должно быть больше зимою, чѣмъ лѣтомъ, тогда какъ на другомъ полушаріи должно происходить обратное, потому что его лѣто совпадаетъ съ большей близостью къ солнцу. Само собой понятно, это излученіе совершенно не зависитъ отъ температуры воздуха, которая мѣняется съ временами года только вслѣдствіе измѣненія нашего углового положенія къ солнцу. На основаніи очень тщательныхъ измѣреній въ теченіи десяти лѣтъ Крова получилъ слѣдующія величины для солнечнаго излученія на нашемъ полушаріи въ различныя времена года:

Зимой: 1,03 Весной: 1,13 Лѣтомъ: 1,09 Осенью: 1,04.

Хотя единица здѣсь и иная, чѣмъ данная выше, но важны собственно относительныя величины. Изъ нихъ мы узнаемъ, что весною, очевидно вслѣдствіе сильнаго уменьшенія содержанія влажности въ атмосферѣ, излученіе увеличивается, хотя мы удаляемся отъ солнца: лѣтомъ происходитъ нормальное уменьшеніе, которое продолжается до марта.

Для того, чтобы составить понятіе о работѣ солнца въ земныхъ условіяхъ, мы воспользуемся нѣсколькими числами, дающими понятія о работѣ нашей атмосферы, которую послѣдняя выполняетъ, благодаря постоянному притоку теплоты со стороны солнца. Метеорологическія изслѣдованія показываютъ, что ежегодно 600 билліоновъ кб. метровъ воды обращаются въ паръ въ экваторіальныхъ областяхъ земли и переносятся къ полюсамъ, не считая тѣхъ массъ воды, которыя также испаряются на экваторѣ, но тамъ же опять и выпадаютъ, т. е. не переносятся далѣе. Если бы массу воды, переносимую къ полюсамъ въ теченіе года, распредѣлить на пространствѣ величиной въ Европу, то она образовала бы море, глубиною въ 66 метр. И эту громадную работу солнце выполняетъ легко, какъ бы шутя, такъ что мы только въ очень рѣдкихъ случаяхъ замѣчаемъ ее, когда, напримѣръ, вихрь сотрясаетъ наши дома, или когда насъ пугаютъ раскаты грома во время грозы.

Такова работа, совершаемая только на землѣ. Мы нашли, что наша планета съ солнца кажется крошечнымъ кружечкомъ съ поперечникомъ въ 17″,7. Но вѣдь дѣйствія своей лучистой энергіи солнце распространяетъ равномѣрно по всѣмъ направленіямъ, т. е. на весь небесный сводъ. Слѣдовательно, вся энергія его на самомъ дѣлѣ во столько разъ больше, во сколько видимый небесный сводъ больше кружка, имѣющаго поперечникъ въ 17″,7. Рѣшивъ эту простую задачу, мы найдемъ, что на нашу землю приходится только одна 2.735 милліонная часть всей энергіи солнца. Всѣ планеты вмѣстѣ получаютъ только одну 229 милліонную часть солнечной энергіи. Вся остальная энергія солнца до послѣдней частицы уходитъ въ міровое протранство, и дѣйствіе ея намъ неизвѣстно. Какъ мы увидимъ позднѣе, помимо солнечной системы, солнечный свѣтъ можетъ встрѣтить обитаемые міры на такихъ разстояніяхъ, на которыхъ солнце будетъ казаться не больше и не ярче, чѣмъ кажется намъ одна изъ большихъ неподвижныхъ звѣздъ, сіяющихъ на нашемъ небесномъ сводѣ.

Отдѣльнымъ планетамъ солнце отдаетъ свою энергію соразмѣрно съ величиной тѣхъ площадей, какія планеты занимаютъ на небесной сферѣ солнца, такъ какъ именно эти площади и стоятъ на пути солнечныхъ лучей. Если мы примемъ соотвѣтственную площадь для земли за единицу, то для количества солнечнаго излученія, получаемаго остальными планетами, мы будемъ имѣть слѣдующія числа: Меркурій 0,94; Венера 1,87; Марсъ 0,12; Юпитеръ 4,51; Сатурнъ 1,01; Уранъ 0,05; Нептунъ 0,02, Отсюда мы ви-

димъ, что земля стоитъ почти въ однихъ условіяхъ съ Меркуріемъ и Сатурномъ, относительно общаго количества солнечнаго излученія на ихъ поверхности, и что только двѣ планеты получаютъ отъ солнца значительно больше энергіи: Венера почти вдвое больше, Юпитеръ же въ четыре съ половиною раза.

Всѣ приведенныя до сихъ поръ числовыя данныя относительно солнечнаго излученія основываются на измѣреніяхъ, которыя удалось произвести съ достаточно большой степенью точности, правда съ тѣми ограниченіями, какія указаны выше (см. стр. 275). Въ совершенно иномъ положеніи находятся попытки опредѣлить дѣйствительную температуру солнца изъ найденныхъ величинъ излученія. Этотъ вопросъ, конечно, очень важенъ для будущности солнца, т. е. для всей жизни въ его царствѣ, ибо отъ того запаса тепла, какой заключается въ солнцѣ, зависитъ хотя и не исключительно, какъ долго солнце можетъ отдавать это тепло. Къ сожалѣнію, между количествомъ теплоты, испускаемой какимъ нибудь тѣломъ, и его собственной температурой нѣтъ какого либо простого отношенія. Всякому извѣстно, что если кусокъ дерева и кусокъ желѣза, нагрѣтые до одинаковой температуры охлаждаются при одинаковыхъ условіяхъ, т. е. теряютъ свою теплоту лучеиспусканіемъ, то дерево удерживаетъ теплоту гораздо дольше желѣза. Соотвѣтственно этому, требуется больше времени, чтобы нагрѣть дерево до одинаковой температуры съ желѣзомъ. Слѣдовательно, дерево поглощаетъ и отдаетъ теплоту медленнѣе желѣза.

Общій законъ всякаго лучеиспусканія, установленный впервые Кирхгофомъ и являющійся необходимымъ слѣдствіемъ изъ высшаго закона природы, именно закона сохраненія энергіи, гласитъ, что всѣ тѣла (за нѣкоторымъ исключеніемъ, которое впрочемъ сюда не относится, флюоресцирующихъ и задерживающихъ свѣтъ тѣлъ) отдаютъ всѣ виды лучей въ такой же степени, какъ ихъ получили. Однако, на практикѣ примѣненіе этого закона Кирхгофа къ лучеиспусканію солнца наталкивается на значительныя затрудненія. Фраунгоферовы линіи въ солнечномъ спектрѣ (см. стр. 75) даютъ намъ представленіе только о поглощательной способности солнечной атмосферы, а не ядра солнца, которое даетъ сплошной спектръ, и безъ сомнѣнія представляетъ главное мѣстонахожденіе солнечной теплоты. Если допустить, что это ядро состоитъ изъ тѣхъ же веществъ, присутствіе которыхъ мы можемъ показать въ атмосферѣ солнца на основаніи линій поглощенія, съ тою только разницею, что въ ядрѣ эти вещества не газообразны, а представляютъ огненножидкую массу (однако, это положеніе нельзя считать неоспоримымъ), и если сдѣлать попытку экспериментально изслѣдовать лучеиспускательную и поглотительную способность этихъ веществъ на землѣ, то мы натолкнемся на новое затрудненіе: именно, одно и то же вещество подъ различными давленіями показываетъ различную лучеиспускательную способность, а линіи поглощенія при повышеніи давленія расширяются. Такимъ образомъ возникаетъ новый вопросъ, подъ какимъ давленіемъ находятся на солнцѣ соотвѣтственные слои. Хотя эти давленія и можно опредѣлить съ любою точностью, но за то какъ для давленія, такъ и для соотвѣтствующихъ температуръ, получаются величины, которыя не могутъ быть вызваны на землѣ экспериментальнымъ путемъ. Поэтому при вычисленіи приходится прибѣгать къ такъ называемому пріему экстраполированія, сущность котораго можно разъяснить слѣдующимъ примѣромъ. Положимъ, что опредѣлены извѣстныя свойства какого нибудь вещества для температуръ въ 0^0 и въ 500^0, и выражены извѣстною формулою съ численными коэффиціентами; затѣмъ доказано, что въ данныхъ предѣлахъ то или другое свойство непрерывно измѣняется; тогда можно напередъ сказать опредѣленно, каково будетъ это свойство при любой температурѣ ниже 500^0. Однако, нельзя утверждать, чтобы можно было съ тѣми

же численными величинами (коэффиціентами) вычислить свойство вещества для температуры въ 5000°. Но иногда за недостаткомъ лучшихъ методовъ приходится прибѣгать къ подобному пріему, который и называется экстраполированіемъ.

Въ виду затрудненій, указанныхъ здѣсь только отчасти, надо ждать, что данныя для температуры солнца не могутъ отличаться точностью. Однако, за послѣднія 20 лѣтъ опубликованъ былъ рядъ научно обставленныхъ гипотезъ, дающихъ въ окончательномъ результатѣ для солнечной температуры числа, находящіяся въ предѣлахъ между 1500 и 40 милліонами градусовъ. Температура въ 1500° лежитъ значительно ниже самыхъ высокихъ температуръ, какія мы можемъ получать искусственно, и которыя достигаютъ приблизительно до 3500°. Секки, въ свое время одинъ изъ первыхъ авторитетовъ въ области изслѣдованія солнца, принималъ температуру высшихъ слоевъ солнечной атмосфера въ 5 милліоновъ градусовъ и полагалъ, что, въ виду очень значительнаго поглощенія этой атмосферой лучей, идущихъ изъ ядра солнца, температура послѣдняго можетъ быть равна 40 милліонамъ градусовъ. Въ настоящее время изслѣдователи не принимаютъ этихъ крайнихъ предположеній. Ле Шателье, Вильсонъ и Грэй, Ланглей и другіе въ послѣднее время изслѣдовали лучеиспусканіе очень горячихъ тѣлъ, напр. стали, вытекающей изъ Бессемеровой печи; на поверхности этой стали раскаленное жидкое желѣзо имѣетъ видъ „чернаго кофе“. Но фотосфера солнца свѣтитъ еще въ 5300 разъ ярче этой жидкой стали; изъ своихъ опытовъ они вычислили температуру солнца въ 6—7000°; Паше опредѣлилъ ее недавно въ 5130°. Совершенно инымъ спектроскопическимъ путемъ, основаннымъ на своеобразномъ отношеніи линіи магнія при различныхъ температурахъ, Шейнеръ въ Потсдамѣ пришелъ къ заключенію, что температура солнца не можетъ быть ниже 4000° и выше 15000°. При настоящемъ состояніи нашихъ знаній, какъ приблизительную величину можно принять круглое число 10000°. *)

Кромѣ свѣтовыхъ и тепловыхъ лучей солнце разсылаетъ въ міровое пространство электрическую и магнитную энергіи. Съ первой мы уже познакомились, говоря объ ея вліяніи на хвосты кометъ. Магнитныя дѣйствія обнаруживаются на землѣ тѣмъ, что магнитная стрѣлка даетъ внезапныя отклоненія или приходитъ въ продолжительное безпокойство. Подобныя такъ называемыя магнитныя бури наблюдаются въ то время, когда въ телескопъ можно обнаружить необыкновенно безпокойное движеніе въ солнечной атмосферѣ. Мы возвратимся позднѣе къ этимъ совпаденіямъ. Но самое главное дѣйствіе солнца, силу притяженія, которой подчинена вся обширная система, и которая поддерживаетъ движеніе въ этомъ точнѣйшемъ изъ часовыхъ механизмовъ, гдѣ колесами являются громадные міры, эту силу мы разсмотримъ только во второй части нашей книги.

Возможно близкое изученіе свѣтила, отъ котораго всецѣло зависитъ наша жизнь съ ея счастіемъ и несчастіемъ, должно представлять для всякаго величайшій интересъ. Если несмотря на то интересъ этотъ проявляется въ слабой степени, то причина лежитъ главнымъ образомъ въ томъ, что мы увѣрены въ непоколебимости и неизмѣнности тѣхъ законовъ, по которымъ солнце изъ года въ годъ надѣляетъ насъ своими благами, а постоянныя благодѣянія вообще очень легко притупляютъ чувство благодарности. Не то было въ первыя времена развитія человѣчества; не

---

*) Слѣдуетъ обратить вниманіе на прекрасно обставленные опыты Профессора Московскаго Университета В. К. Цераскаго, произведенные имъ съ этого цѣлью въ Московской обсерваторіи, и описанные въ ея анналахъ; онъ собиралъ солнечную теплоту параболическими зеркалами и по дѣйствію лучей судилъ о низшемъ предѣлѣ температуры солнца; этотъ низшій предѣлъ 4500°.

С. Глазенапъ.

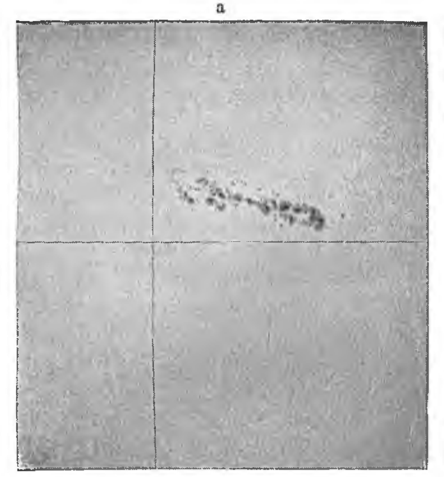
то встрѣчаемъ мы еще и нынѣ у тѣхъ некультурныхъ народовъ, историческія воспоминанія которыхъ не заходятъ слишкомъ далеко. Каждый вечеръ въ своихъ молитвахъ они благодарили и благодарятъ понынѣ солнце за многочисленная благодѣянія, которыя оно изливало на нихъ за истекшій день. Съ напряженнымъ вниманіемъ слѣдили они за всѣми движеніями боготворимаго свѣтила, и весь міръ былъ бы объятъ смертельнымъ ужасомъ, если бы этотъ источникъ жизни внезапно изсякъ.

Но благодѣянія солнца далеко не изливаются на насъ такимъ равномѣрнымъ и неизмѣннымъ потокомъ, какъ это можетъ показаться при поверхностномъ наблюденіи. Не говоря уже о быстро проходящихъ затменіяхъ, наступающихъ при прохожденіи луны между землею и солнцемъ, старые лѣтописцы повѣствуютъ о помраченіяхъ солнечнаго свѣта, длившихся цѣлыя недѣли и даже мѣсяцы и наводившихъ страхъ на человѣчество, независимо отъ мѣнявшагося состоянія нашей атмосферы. Такъ напр., разсказываютъ, что въ 626 году въ теченіе двухъ недѣль одна половина солнца была черной. Правда, большинство этихъ данныхъ очень неопредѣленно и допускаетъ много толкованій. Но изъ нѣкоторыхъ сообщеній можно заключить навѣрное, что иногда большія области солнечной поверхности надолго теряли свою свѣтящую силу. Солнечныя пятна далеко нерѣдко наблюдались до и послѣ изобрѣтенія телескопа просто глазомъ (который защищали отъ ослѣпительнаго свѣта солнца закопченнымъ стекломъ, а когда солнце стояло на горизонтѣ, то защитой служила поглощающая свѣтъ атмосфера). Изслѣдуя съ помощью современныхъ зрительныхъ инструментовъ могучее свѣтило съ того цѣлью, чтобы понять процессы, вызывающіе описанныя дѣйствія, мы находимъ, что солнце кажется совершенно круглымъ (не сплющеннымъ, подобно нѣкоторымъ планетамъ) рѣзко ограниченнымъ дискомъ, яркость котораго равномѣрно уменьшается отъ средины къ краямъ. Это ясно видно на солнечныхъ фотографіяхъ, какимъ бы способомъ онѣ ни были получены (см. напр., прилагаемую таблицу, фиг. d). Уже одинъ этотъ фактъ доказываетъ, что солнце окружено атмосферой, которая, подобно нашей, поглощаетъ большую часть свѣтовыхъ лучей. Болѣе точныя измѣренія этого поглощенія въ солнечной атмосферѣ предпринялъ Ланглей, а въ послѣднее время Фростъ для тепловыхъ лучей и Фогель для свѣтовыхъ. Измѣренія теплоты Ланглей производилъ болометромъ, Фростъ въ Потсдамѣ термоэлектрическимъ столбикомъ. Оба инструмента различнымъ способомъ превращаютъ тепловыя дѣйствія въ электрическія; послѣднія же можно измѣрять гораздо точнѣе. Фогель изслѣдовалъ свѣтовое излученіе фотометрически; разложивъ сначала при помощи спектроскопа бѣлый солнечный свѣтъ на цвѣта, онъ затѣмъ измѣрялъ напряженость каждаго цвѣта отдѣльно. Принимая напряженность излученія въ срединѣ солнечнаго диска за 100, и раздѣляя радіусъ солнца на 100 равныхъ частей, онъ получилъ слѣдующій рядъ чиселъ:

Разстояніе отъ средины	0	красные лучи	100	теплота по Фросту	100	желтые лучи	100
	30		99		98	„	98
	60		95		90	„	91
	70	„	91		85		85
	80	„	84		78		75
	90	„	71		68		59

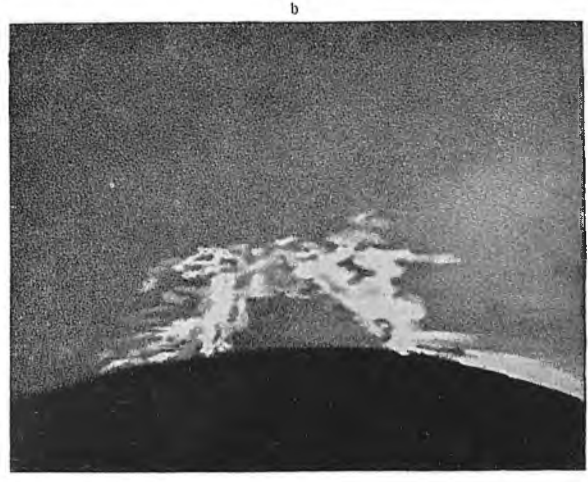
Между разстояніемъ = 90 и солнечнымъ краемъ напряженность уменьшается всего быстрѣе, однако далѣе измѣренія не продолжались, потому что въ этой области они становятся слишкомъ неточными. Но и изъ этихъ чиселъ можно вывести, что отъ края солнца къ намъ доходитъ почти вдвое меньше свѣта и тепла, чѣмъ отъ средины диска. Напряженность лучистой теплоты занимаетъ средину между напряженностью красныхъ и

a



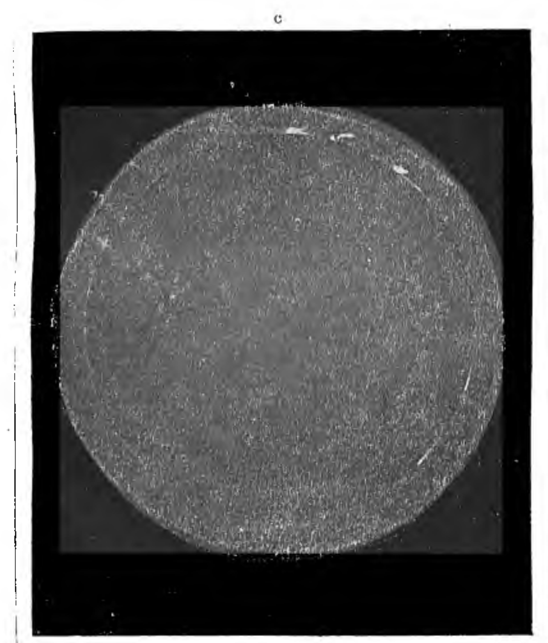
Группа пятенъ, по фотографіи Потсдамской обсерваторіи.

b



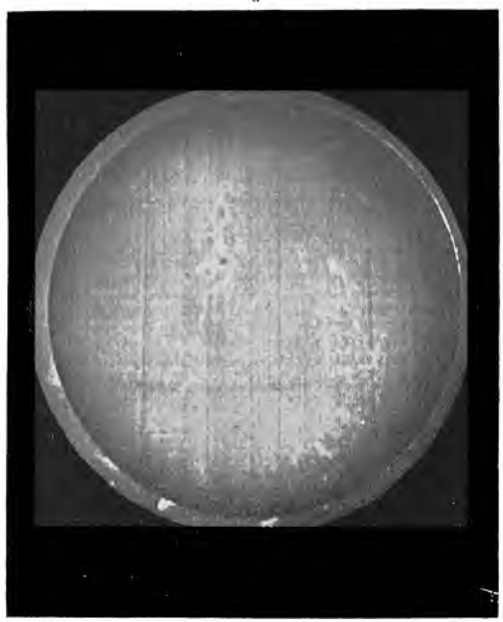
Солнечный протуберансъ, по фотографіи Георга Хэля въ Чикаго 3 іюля 1894.

c



Фотографическій снимокъ хромосферы съ протуберансами, Георга Хэля въ Чикаго.

d



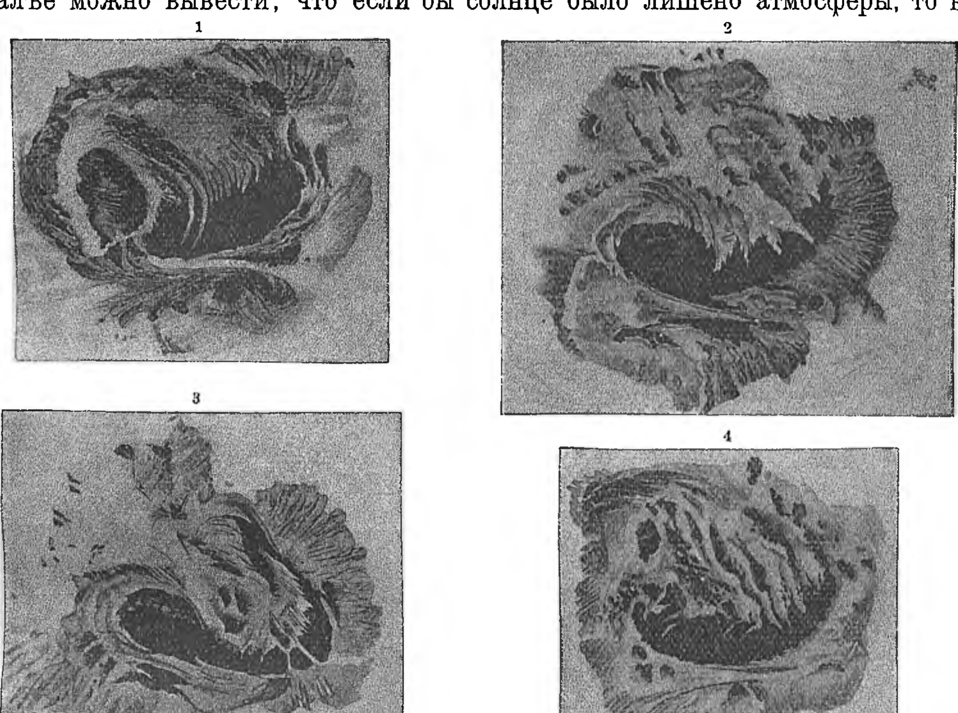
Фотографическій снимокъ Солнца съ факелами и хромосферою, Георга Хэля въ Чикаго.

Міроздаціе.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

ПЯТНА, ФАКЕЛЫ И ПРОТУБЕРАНСЫ НА СОЛНЦѢ.

желтыхъ лучей. Далѣе къ фіолетовому концу (въ таблицѣ этого не дано) поглощеніе ближе къ краю значительно уменьшается; край солнца кажется много желтѣе средины. Въ этомъ отношеніи, слѣдовательно, солнечная атмосфера дѣйствуетъ, какъ наша, которая, какъ это ежедневно доказываетъ утренняя и вечерняя заря, легче пропускаетъ желтые и красные лучи, чѣмъ всѣ остальные. Изъ приведенныхъ чиселъ можно также вычислить поглощеніе, какое испытываетъ солнечный лучъ, проходя сквозь атмосферу солнца въ прямомъ направленіи, а не въ косвенномъ, какъ на краю солнца; т. е. можно вычислить, на какую величину были бы интенсивнѣе лучи, идущіе къ намъ изъ средины солнечнаго диска, если бы солнце не имѣло атмосферы. Мы получаемъ 0,28 принятой нами единицы. Далѣе можно вывести, что если бы солнце было лишено атмосферы, то все



Большое солнечное пятно, наблюдавшееся въ февралѣ 1894 г. по рисунку Т. Моро (Th. Moreux) въ Буржѣ: 1) 20 февраля, 2) 21 февраля, 3) 22 февраля, 4) 23 февраля.

его дѣйствіе было бы значительнѣе того, что мы имѣемъ теперь, въ отношеніи 1,7 къ 1.

Составивъ представленіе о томъ, какую громадную работу совершаетъ на землѣ поглощаемая нашей атмосферой половина доходящей до насъ солнечной теплоты, и принимая въ разсчетъ, что мы получаемъ всего одну 2700-милліонную часть всей теплоты, излучаемой солнцемъ, мы въ правѣ ожидать, что въ солнечной атмосферѣ должны совершаться невообразимо энергичныя движенія, на счетъ поглощенной ею лучистой теплоты. И дѣйствительно, на нашихъ глазахъ въ атмосферѣ солнца совершаются непрерывныя движенія и измѣненія, такъ что часто два фотографическихъ изображенія солнца, снятыхъ черезъ 10 минутъ одно послѣ другого, сильно отличаются другъ отъ друга. Надо помнить, что десятая часть дуговой секунды (отвѣчающая 140-вой части толщины волоса, помѣщеннаго на разстояніи яснаго зрѣнія) соотвѣтствуетъ на разстояніи, отдѣляющемъ солнце

отъ насъ, пространству въ 75 километровъ. Слѣдовательно, тѣло на солнцѣ должно передвинуться по крайней мѣрѣ на такое разстояніе (0,1″), для того, чтобы при благопріятныхъ условіяхъ мы могли замѣтить происшедшее при этомъ измѣненіе. На нашей таблицѣ, изображающей протуберанцы, относительная величина земли представлена маленькимъ чернымъ кружкомъ справа внизу. Поперечникъ этого кружка имѣетъ въ дѣйствительности круглымъ числомъ 12,800 клм. Площадь пятна, которое въ февралѣ 1892 года появилось на поверхности солнца, и безъ труда было видимо просто глазамъ, превосходила площадь земли болѣе чѣмъ въ 18 разъ, т. е. это пятно приблизительно было величиною съ Уранъ. Правда, если сравнить эту величину съ размѣрами солнечнаго диска, то исчезаетъ громадность размѣровъ. Пятно занимало почти 600-ю часть всего солнца; въ сравненіи съ земными размѣрами, это отвѣчало Скандинавскому полуострову. Въ февралѣ 1894 г. появилось пятно еще болѣе значительныхъ размѣровъ. Рисунки на стр. 281 представляютъ это пятно въ четыре дня, слѣдовавшіе одинъ за другимъ.





Солнечныя пятна; 1) нормальное пятно, представляющее вслѣдствіе перспективы эллиптически вытянутую форму, по рис. 2 октября 1882 г., 2) нормальное пятно, по рис. мисса Э. Броунъ 8 августа 1892.

Ближайшее изученіе солнечныхъ пятенъ, наиболѣе замѣтныхъ явленій на солнцѣ, можетъ дать намъ понятіе о дѣятельности солнечной атмосферы, ибо, повидимому, пятна находятся въ ней. Столь сложныя формы, какія изображены на прилагаемыхъ рисункахъ, наблюдаются большею частью только на наиболѣе значительныхъ по размѣрамъ пятнахъ и группахъ пятенъ. Нормальное пятно бываетъ круглое или нѣсколько вытянутое, какъ показываютъ оба прил. рисунка. На таблицѣ „Грануляціи солнечной поверхности“ также изображено нормальное солнечное пятно. На немъ ясно различается темная тѣнь, около которой располагается кайма, полутѣнь, имѣющая радіально-полосатый видъ. Изъ этихъ главныхъ частей состоятъ съ различными видоизмѣненіями всѣ вообще солнечныя пятна, какъ бы они ни были сложны. Впрочемъ, не смотря на относительную темноту, тѣнь пятна испускаетъ все-таки значительное количество свѣта, по Ланглею, по крайней мѣрѣ въ 5000 разъ болѣе, чѣмъ равная площадь полной луны. Такъ какъ общая яркость солнца, по разсчету того же изслѣдователя, почти въ 470,000 разъ больше яркости полной луны, то тѣнь свѣтитъ всего въ 100 разъ слабѣе остальной солнечной поверхности. Если бы можно было тѣнь солнечнаго пятна помѣстить на ночномъ небѣ, то оно оказалось бы самымъ яркимъ свѣтиломъ, и если бы даже видимый поперечникъ его не превосходилъ поперечника большихъ планетъ, оно освѣщало бы землю съ такой же силой, какъ полная луна. Ланглей и Фростъ изслѣдовали также тепловые лучи солнечныхъ пятенъ и нашли для нихъ иное отношеніе, чѣмъ для свѣтовыхъ лучей: въ этомъ случаѣ мы встрѣчаемъ неизвѣстное прежде отклоненіе. Солнечныя пятна испускаютъ столько же теплоты, какъ и остальная поверхность солнца; по отдѣльнымъ измѣреніямъ названныхъ изслѣдователей температура пятенъ оказывается даже значительно выше температуры сосѣднихъ частей.

Видимыя измѣненія въ формѣ пятенъ, очевидно, не всегда отвѣчаютъ дѣйствительности; отчасти онѣ вызываются тѣми же перспективными явленіями, которыя мы уже видѣли на деталяхъ поверхности вращающихся планетъ (см. рисунки стр. 283 и 284). Солнце также вращается вокругъ оси, и мы можемъ раздѣлить его поверхность на полярные, средніе и экваторіальный поясы. Если пятно не образуется на нашихъ глазахъ, то оно всегда появляется на восточномъ краѣ солнца въ перспективно укорочен-

ной формѣ, какъ это и должно происходить съ предметомъ на шаровой поверхности въ подобномъ положеніи. На цѣлыхъ группахъ перспективное укорачиваніе также выступаетъ очень ясно, какъ это можно видѣть на рисункѣ большого пятна 1892 г., сдѣланномъ тотчасъ же послѣ его перваго появленія 5 февраля. На второмъ рисункѣ оно изображено три дня спустя, когда оно уже значительно удалилось отъ края солнца. Съ перваго взгляда видно, что измѣненіе въ формѣ пятна въ теченіе этихъ трехъ дней было главнымъ образомъ только кажущееся.

Но рисунки свидѣтельствуютъ кромѣ того, что помимо перспективныхъ измѣненій происходятъ въ значительной мѣрѣ и дѣйствительныя. Всякое пятно, имѣющее такіе размѣры, что на немъ можно различать подробности, не сохраняетъ даже въ теченіе нѣсколькихъ дней одного и того же вида. Въ тѣхъ частяхъ солнца, которыя доступны нашему изслѣдованію, происходятъ постоянныя энергичныя движенія. Какой нибудь постоянной опорной точки, которой можно было бы держаться при измѣ-





Солнечное пятно, наблюдавшееся въ августѣ 1894.

реніяхъ скорости вращенія солнца или возможныхъ собственныхъ движеній пятенъ, нельзя было открыть. Поэтому при опредѣленіи времени вращенія солнца выступаютъ тѣ же самыя затрудненія, только въ большей степени, что и для Юпитера, который въ извѣстномъ отношеніи представляетъ уменьшенное подобіе солнца. На солнцѣ также ясно обнаруживается зависимость скорости вращенія пятенъ отъ ихъ разстоянія отъ экватора. Пятна на экваторѣ движутся быстрѣе остальныхъ. Время ихъ обращенія равно 25 днямъ, это не синодическое время обращенія, т. е. не по отношенію къ нашему положенію, а не зависимо отъ движенія земли вокругъ солнца, — по отношенію къ какой нибудь неподвижной точкѣ неба.

Синодическій оборотъ длиннѣе почти на 2 дня. Если подвигаться отъ экватора солнечнаго глобуса въ высшія геліографическія широты, то на 10° широты время обращенія будетъ длиннѣе на четверть дня, на 25°—на цѣлый день, на 35°—на два дня. Пятно, удаленное больше, чѣмъ на 40° отъ экватора, требуетъ 28 дней, чтобы совершить полный оборотъ вокругъ солнечнаго шара. За предѣлами этой широты пятна наблюдаются рѣдко, и законъ, по которому замедляется вращеніе, по мѣрѣ поднятія къ полюсамъ, нельзя было прослѣдить дальше. По обѣ стороны отъ экватора наблюдаются одинаковыя отношенія. Впрочемъ, и для указанныхъ широтъ не удалось получить вполнѣ точныхъ результатовъ вслѣдствіе

быстрой измѣнчивости пятенъ, которыя сравнительно рѣдко остаются въ теченіе полнаго оборота солнца. Но за правильность соотношенія въ предѣлахъ приведенныхъ нами круглыхъ чиселъ можно поручиться вполнѣ.

Спрашивается, какъ же объяснить этотъ фактъ. Нѣтъ сомнѣнія, что въ тѣхъ слояхъ солнечной атмосферы, въ которыхъ мы наблюдаемъ пятна, происходятъ очень сильныя теченія. Но невозможно рѣшить, отстаютъ ли всѣ части солнечной атмосферы отъ ядра, или вообще отъ болѣе глубокихъ слоевъ, недоступныхъ нашему наблюденію, при чемъ экваторіальныя части отстаютъ меньше высшихъ широтъ; или, быть можетъ, наоборотъ, экваторъ опережаетъ, а отстаютъ только около-лежащія поясы; или, наконецъ, всѣ поясы опережаютъ внутреннее вращеніе, но экваторъ опережаетъ сильнѣе, чѣмъ другія широты. Поэтому-то для насъ остается въ точности неизвѣстнымъ истинное время вращенія солнечнаго ядра. Предѣлы для этой величины оказываются довольно широкіе: можно только сказать, что время это не должно сильно отличаться отъ 25—28 дней.



Группа солнечныхъ пятенъ, наблюдавшаяся въ февралѣ 1892 г. по рис. миссъ Э. Броунъ. 1) на краю солнечнаго диска во время появленія (5 февраля), 2) позже, когда оно перемѣстилось на дискѣ солнца (8 февраля). См. стр. 282.

Замѣченное собственное движеніе пятенъ, очевидно, есть результатъ извѣстнаго круговорота газовъ въ солнечной атмосферѣ, подобнаго тому, какой мы наблюдаемъ въ нашей земной атмосферѣ. Причиной послѣдняго круговорота является неравномѣрное нагрѣваніе солнцемъ, въ связи съ ежедневнымъ вращеніемъ земли. Если бы мы могли предположить существованіе подобныхъ условій на солнцѣ, то для объясненія различія въ собственномъ движеніи солнечныхъ пятенъ могли бы остановиться на томъ или иномъ изъ трехъ возможныхъ случаевъ, приведенныхъ нами выше, и такимъ образомъ найти съ большимъ приближеніемъ время вращенія внутренняго ядра. Но въ данномъ случаѣ нельзя отыскать причины неравномѣрнаго нагрѣванія въ разныхъ поясахъ, и при помощи самыхъ чувствительныхъ термометрическихъ способовъ не удалось доказать съ достовѣрностью, чтобы излученіе солнца мѣнялось съ широтою, хотя кое какіе намеки на это и были подмѣчены. Поэтому остается обратиться къ инымъ средствамъ, чтобы косвеннымъ путемъ точнѣе узнать истинное время вращенія солнца.

На первомъ планѣ здѣсь стоитъ спектрометрическій методъ, который, опираясь на извѣстный намъ принципъ Допплера и Физо, можетъ обнаруживать движенія. Когда пятно, появляясь на восточномъ краѣ солнца, движется сначала почти въ прямомъ направленіи къ намъ, то свѣтовыя волны (см. стр. 80) укорачиваются, и фраунгоферовы линіи отодвигаются къ фіолетовому концу спектра. Когда же пятно исчезаетъ на западномъ краѣ, то происходитъ какъ разъ обратное. Но для спектроскопическаго

измѣренія не нужно присутствія пятна, на которое спектроскопъ долженъ быть направленъ, какъ нашъ глазъ. Можно въ одинъ и тотъ же спектроскопъ анализировать любой солнечный лучъ, идущій отъ восточнаго края, вмѣстѣ съ другимъ, идущимъ отъ западнаго; тогда темныя линіи, лежащія другъ подъ другомъ, оказываются сдвинутыми. Смѣщеніе прямо даетъ разность скоростей въ метрахъ въ одну секунду, а вмѣстѣ съ тѣмъ и искомое время вращенія.

Эти смѣщенія линій указываютъ еще на другое явленіе, которое, по мысли Дюнера (Dunér), представляетъ болѣе простой путь для точнаго изслѣдованія описываемыхъ отношеній. Солнечный спектръ, какъ мы знаемъ, заключаетъ не только линіи поглощенія, происходящія на самомъ солнцѣ, но также линіи, которыя образуются только въ нашей атмосферѣ. Понятно, послѣднія не испытываютъ смѣщенія, такъ какъ въ нашей атмосферѣ газы, можно сказать, совсѣмъ не перемѣщаются относительно спектроскопа. Копеландъ уже въ 1883 г. замѣтилъ, что одна очень замѣтная линія солнечнаго спектра удваивается, когда инструментъ направленъ на восточный край солнца; когда же онъ направленъ на западный, то линія



Солнечныя пятна: рядъ пятенъ, слѣдовавшихъ за большимъ февральскимъ пятномъ 1892 г., по рис. миссъ Э. Броунъ 17 февраля. См. стр. 287.

кажется простой. Это происходило отъ того, что въ данномъ мѣстѣ спектра одна солнечная линія, отвѣчающая желѣзу, въ одномъ случаѣ совпадала съ теллурической линіей, въ другомъ не совпадала. Этимъ смѣщеніемъ солнечныхъ линій относительно теллурическихъ Дюнеръ и воспользовался для точныхъ измѣреній и нашелъ при этомъ совершенно такія же отношенія между скоростями вращенія, какія были найдены изъ наблюденій надъ пятнами. Для экватора время вращенія оказалось равнымъ 25,7 дня, для 25° солнечной широты — 26,9 дня, для 40° уже 29,0 и для 70°, до котораго можно было довести это изслѣдованіе, даже 37,6 дня. Это — результаты очень важные, такъ какъ они указываютъ, что изслѣдуемыя теченія имѣютъ общій характеръ и появляются не только тамъ, гдѣ создаются ненормальныя условія вслѣдствіе образованія солнечнаго пятна. Но зато для истиннаго времени вращенія эти результаты представляютъ еще менѣе точныя данныя: предѣлы, съ которыми намъ приходиться имѣть дѣло, становятся еще шире.

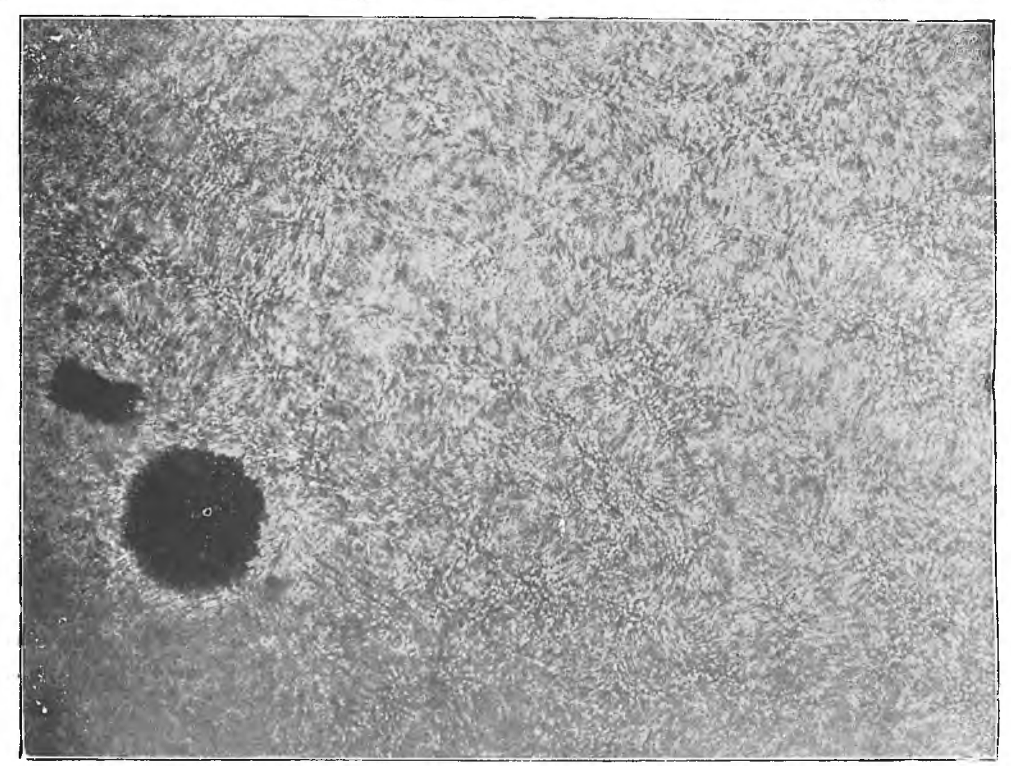
Въ послѣднее время противорѣчіе различныхъ результатовъ относительно скорости вращенія солнца, повидимому, удалось разрѣшить, такъ какъ пришли къ убѣжденію, что скорость движенія подчинена опредѣленному закону не только въ направленіи отъ экватора къ полюсамъ, но также въ зависимости отъ различныхъ глубинъ газовой оболочки солнца. А такъ какъ для различныхъ методовъ предпочтительно избираются извѣстныя глубины, то и получаются неодинаковыя законности, въ зависимости отъ метода. Мы сейчасъ подробнѣе познакомимся съ различными слоями солнечной атмосферы и убѣдимся, что слой, въ которомъ образуются солнечныя пятна, во всякомъ случаѣ лежитъ глубже поглощающаго слоя, гдѣ образуются фраунгоферовы линіи, а этотъ въ свою очередь лежитъ глубже такъ называемыхъ факеловъ. Поэтому понятно, что Дюнеръ, методъ котораго основывается на наблюденіи темныхъ линій, пришелъ къ одному результату, а прямое наблюденіе солнечныхъ пятенъ приводитъ къ

другому результату, и наконецъ Стратоновъ, изучавшій движенія факеловъ на основаніи большого количества фотографій, полученныхъ между 1891 и 1894 гг., нашелъ опять иныя величины для вращенія солнца, которыя, повидимому, лежатъ между обѣими вышеприведенными данными.

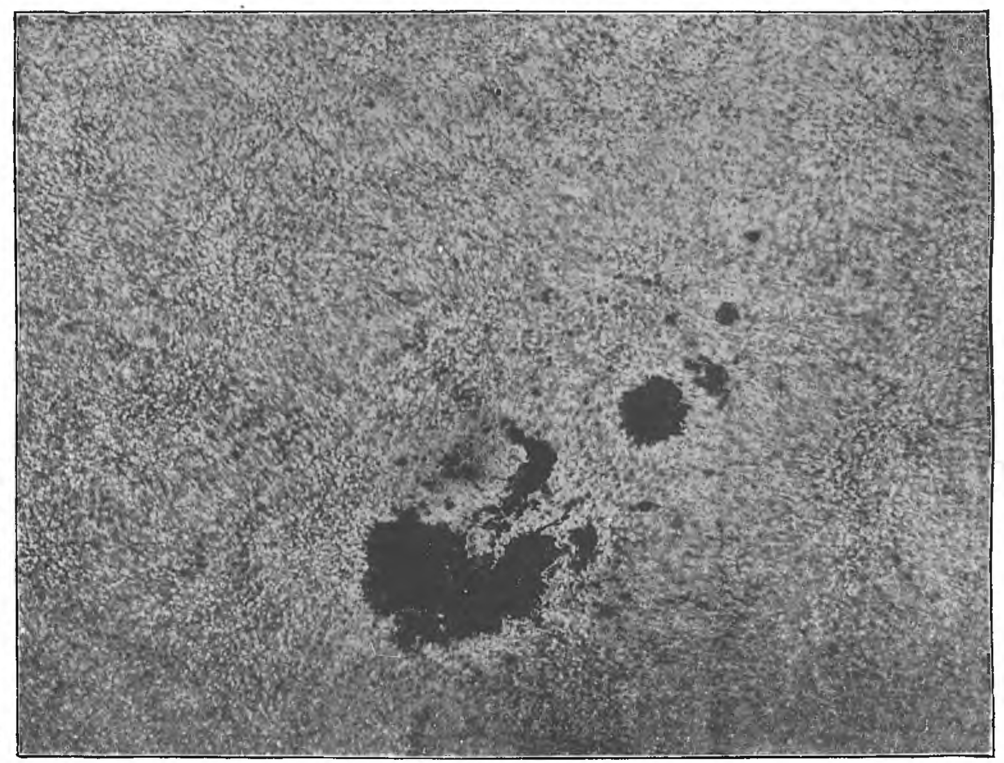
Но отвѣтъ на поставленный нами вопросъ можно получить еще и другимъ способомъ. Изъ дальнѣйшихъ свѣдѣній о солнцѣ мы узнаемъ, что помимо общихъ вліяній солнца на жизнь земной природы, всѣ отдѣльныя измѣненія, происходящія на немъ, замѣтно отражаются на землѣ. Большія солнечныя пятна въ то мгновеніе, когда они проходятъ черезъ обращенный къ намъ меридіанъ солнечнаго глобуса, т. е. находятся отъ насъ на ближайшемъ разстояніи, часто вызываютъ колебанія всѣхъ наиболѣе чувствительныхъ магнитнымъ стрѣлокъ, при помощи которыхъ обнаруживается измѣненіе магнитнаго состоянія нашей планеты. Теперь нѣтъ никакого сомнѣнія, что солнце, подобно землѣ, можно разсматривать, какъ большой магнитъ, и что оба эти магнита соотвѣтственнымъ образомъ дѣйствуютъ другъ на друга. О землѣ мы знаемъ, что ея магнитные полюсы не совпадаютъ съ полюсами вращенія. Если бы тоже самое было на солнцѣ, то магнитныя дѣйствія солнца должны давать колебанія, которыя стояли бы въ соотвѣтствіи съ временами вращенія обоихъ міровыхъ тѣлъ; при оборотѣ періодически мѣнялось бы разстояніе между полюсами обоихъ магнитовъ, а слѣдовательно и ихъ взаимное вліяніе. Такія періодическія колебанія магнитной стрѣлки были найдены на самомъ дѣлѣ; первый подмѣтилъ ихъ Горнштейнъ въ Прагѣ въ 1870 г. Въ послѣднее время Бигеловъ на основаніи многихъ европейскихъ и американскихъ наблюденій нашелъ, что этотъ періодъ равенъ 26,68 днямъ, откуда слѣдуетъ, что сидерическій періодъ обращенія солнца, т. е. независимый отъ вліянія обращенія нашей земли, равенъ 24,9 днямъ; это число близко согласуется съ величиной, найденной для экватора по выше описаннымъ способамъ. Гельмгольцъ и другіе изслѣдователи выяснили теоретически съ достаточной вѣроятностью, что газовая оболочка большого вращающагося тѣла имѣетъ на экваторѣ почти точно такое же время вращенія, какъ ядро, тогда какъ въ другихъ поясахъ она отстаетъ, поэтому послѣднюю величину можно считать приблизительно вѣрной и для слоевъ солнца, недоступныхъ нашему изслѣдованію.

Періодъ въ 27 дней, по истеченіи котораго, по сдѣланнымъ предположеніямъ, солнце вновь обращаетъ къ намъ ту же сторону, также точно какъ наша земля черезъ каждые 24 часа постоянно обращаетъ къ нему вновь ту же часть поверхности, какъ будто отражается, хотя и въ слабой степени, на различныхъ явленіяхъ, происходящихъ въ нашей атмосферѣ. Такъ, тотъ же періодъ найденъ былъ для среднихъ температуръ различныхъ мѣстъ, для періодическихъ колебаній барометра, а Бигеловъ недавно на основаніи двадцатилѣтнихъ наблюденій надъ вестиндскими ураганами доказалъ замѣчательное совпаденіе числа ихъ появленія съ колебаніями магнитной стрѣлки въ теченіе указаннаго времени обращенія. Итакъ, повидимому, солнце имѣетъ двѣ разнохарактерныя стороны, изъ нихъ на одной постоянно совершается болѣе живая дѣятельность, чѣмъ на другой. Если это предположеніе подтвердится, то мы должны допустить, вопреки другимъ мнѣніямъ, которыя будутъ выяснены позднѣе, что за газовыми оболочками, въ которыхъ мы наблюдаемъ эти процессы, подверженные необычайно быстрымъ и рѣзкимъ колебаніямъ, но подчиненные болѣе или менѣе постоянному закону, скрывается какое то постоянное ядро.

Чтобы глубже проникнуть во внутреннюю природу солнца, намъ необходимо ближе изучить теченія, которыя мы нашли въ его атмосферѣ. Въ этомъ отношеніи очень важно подробнѣе изслѣдовать тѣ процессы въ солнечныхъ пятнахъ, которые, несомнѣнно, раскрываютъ передъ нами дви-



Строеніе грануляціи на подобіе ивовыхъ листьевъ и симметрично образованное пятно.
По фотографіи 10 іюня 1887 (minimum пятенъ).



Строеніе грануляціи на подобіе рисовыхъ зеренъ и группа пятенъ.
По фотографіи 1 іюня 1881 (maximum пятенъ).

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Грануляція солнечной поверхности.

По фотографическимъ снимкамъ Жансена въ Медонѣ близъ Парижа.

женія газовой оболочки. Если мы вообще будемъ разсматривать солнечное пятно, какъ мѣсто, яркость котораго не одинакова съ общей яркостью солнечной поверхности, то къ солнечнымъ пятнамъ нужно присоединить еще два явленія: общую грануляцію (зернистость) поверхности и такъ называемые факелы или свѣточи.

Грануляція выступаетъ на всей поверхности солнца въ видѣ тонкихъ зеренъ, которые въ одномъ мѣстѣ тѣснятся очень плотно, въ другомъ раздѣлены сѣтью изъ широкихъ темныхъ промежутковъ. Иногда кажется, будто вся солнечная поверхность покрыта крошечными облачными шариками, похожими на перистыя облака. Часто эти свѣтлыя пятна вытягиваются, принимая видъ рисовыхъ зеренъ, тѣсно лежащихъ другъ къ другу. Два наши рисунка на прилагаемой таблицѣ даютъ представленіе объ этой своеобразной структурѣ. Одинъ изъ извѣстныхъ изслѣдователей солнца, Жансенъ въ Медонѣ около Парижа, по его словамъ, замѣчалъ, что строеніе въ видѣ рисовыхъ зеренъ преобладаетъ въ тѣ періоды, когда на солнцѣ оказывается больше всего пятенъ, тогда какъ другое строеніе, напоминающее видъ ивовыхъ листьевъ, преобладаетъ въ болѣе спокойные періоды.

Происхожденіе этихъ образованій, какъ полагаетъ Шейнеръ (въ Потсдамѣ) подобно происхожденію перистыхъ облаковъ, которыя занимаютъ въ нашей атмосферѣ самые высшіе слои сравнительно съ остальными продуктами сгущенія паровъ. Одна изъ послѣднихъ работъ геніальнаго Гельмгольца была посвящена вопросу о происхожденіи перистыхъ облаковъ (cirrus), располагающихся рядами. Онъ считаетъ ихъ гребнями необыкновенно длинныхъ воздушныхъ волнъ, которыя окружаютъ нашу планету. Впадины этихъ волнъ находятся, по его мнѣнію, въ такихъ областяхъ, гдѣ давленіе еще достаточно велико, и потомъ содержащаяся въ воздухѣ влага остается въ видѣ паровъ, тогда какъ гребни этихъ волнъ достигаютъ менѣе плотныхъ слоевъ, гдѣ эта влага образуетъ осадки и даетъ видимыя нами облака. Такъ происходятъ вытянутыя полосы облаковъ; при встрѣчѣ съ другимъ теченіемъ, отъ пересѣченія двухъ системъ, образуются мелкія перистыя облака. Такимъ же образомъ можно объяснить и вышеописанныя теченія. По этому взгляду, солнечная атмосфера въ нормальномъ, спокойномъ состояніи постоянно покрыта своего рода перистыми облаками, которыя посылаютъ намъ солнечный свѣтъ. Понятно, мы не можемъ допустить тамъ продуктовъ сгущенія водяного пара, какъ на землѣ, но должны вообразить металлическіе пары, съ составомъ которыхъ мы скоро познакомимся ближе.

Возникновеніе пятна сказывается обыкновенно раздвиганіемъ облачной грануляціи; образуется пóра. Она увеличивается въ своихъ размѣрахъ и распадается на полутѣнь и на тѣнь. Лучистое строеніе полутѣни, по мнѣнію Ланглея, продолжается и на тѣнь, гдѣ оно впрочемъ выражается очень слабо. При сравнительно спокойномъ дальнѣйшемъ развитіи лучи изгибаются, и кажется, какъ будто бы все пятно охвачено вихремъ. Часто ряды лучей полутѣни доходятъ до середины ядра, а иногда даже они соединяются съ противоположной стороной; образуется мостъ, обыкновенно это—первый признакъ распаденія пятна. Полутѣнь расширяется все больше и скоро совершенно покрываетъ тѣнь. Черезъ нѣкоторое время исчезаетъ всякій слѣдъ явленія. Однако, только въ очень рѣдкихъ случаяхъ явленіе оканчивается такъ просто. Очень часто, именно въ періоды бóльшаго числа пятенъ, образуется одновременно нѣсколько темныхъ центровъ, которые сливаются въ одну хаотическую вихревую массу, какъ можно видѣть на пятнахъ, изображенныхъ на стр. 284. На задней (въ смыслѣ солнечнаго вращенія) сторонѣ пятна образуются все новыя пятна, которыя расширяются и соединяются съ первоначальнымъ. Рядъ пятенъ, происшедшихъ такимъ образомъ, изображенъ на стр. 285 и на отдѣльной таблицѣ. Все

вмѣстѣ принимаетъ тѣ грандіозные размѣры, о которыхъ мы говорили раньше, и часто остается въ такомъ видѣ въ теченіе нѣсколькихъ оборотовъ солнца. Швабе въ Дессау, усердный наблюдатель солнца въ срединѣ этого столѣтія, видѣлъ даже, по его словамъ, что одно и то же пятно возвращалось 22 раза; это значитъ, что оно оставалось болѣе полуторыхъ лѣтъ. Очень большія пятна наблюдались въ теченіе нѣсколькихъ обращеній, при чемъ размѣры ихъ не измѣнялись значительно.

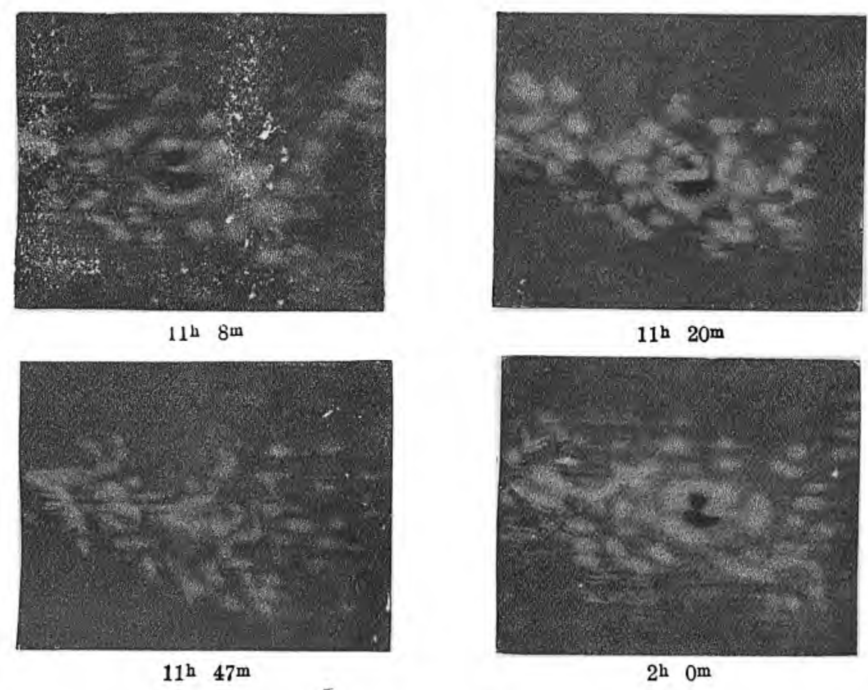
Свѣтовые мосты, черезъ которые совершается заполненіе пятна обыкновеннымъ веществомъ солнечной поверхности, часто бываютъ замѣтно ярче, чѣмъ нетронутыя области, окружающія пятно. Когда же затѣмъ пятно совершенно исчезаетъ, то вмѣсто него остается иногда свѣтлое мѣсто, называемое **факеломъ** или **свѣточемъ**. Повидимому, большею частью факелы образуются независимо отъ пятенъ. Но они всегда появляются только вблизи солнечнаго края; это просто объясняется меньшей яркостью краевыхъ частей, благодаря чему здѣсь легко можно различать очень слабые свѣтовые оттѣнки.

Для того, чтобы можно было изслѣдовать эти интересныя образованія на всей солнечной поверхности, астрофизикъ Георгъ Хэль въ Чикаго изобрѣлъ остроумный способъ, въ которомъ свѣторазлагающая призма играетъ важную роль, хотя и совершенно не похожую на ея обычное назначеніе. Оказалось, что въ факелахъ спектральныя линіи H и K, принадлежащія кальцію, сравнительно съ другими линіями, обладаютъ особенной яркостью. Объясненіе этому явленію мы дадимъ позднѣе. Хэль прикрѣплялъ спектроскопъ къ окуляру телескопа и полученный солнечный спектръ закрывалъ совершенно, за исключеніемъ одной изъ этихъ двухъ линій. Такимъ образомъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ получается спектръ, находится вторая щель; первая помѣщалась передъ призмой и служила для полученія помощью призмы полной полосы спектра со **всѣми** линіями. Позади второй щели помѣщалась фотографическая пластинка, на которую могъ падать свѣтъ только этой линіи, т. е. **монохроматическій свѣтъ**. Инструментъ и пластинка передвигались по двумъ направленіямъ такимъ образомъ, что всѣ точки солнечнаго диска одна за другой дѣйствовали на пластинку только одною изъ этихъ линій: обѣ линіи находятся въ самой сильной въ фотографическомъ смыслѣ части спектра. Гдѣ нѣтъ факеловъ, тамъ линія исчезаетъ, такъ какъ выступаетъ обычная яркость сплошного спектра. Слѣдовательно, факелы должны сказаться особенно сильнымъ химическимъ дѣйствіемъ на пластинку, что и оправдалось наилучшимъ образомъ. На нашей таблицѣ „Пятна, факелы и протуберанцы“ фигура d представляетъ подобную солнечную фотографію Хэля. Система линій, пересѣкающихся подъ прямымъ угломъ, которая перерѣзаетъ рисунокъ, представляетъ результатъ своеобразнаго пріема фотографированія: при этомъ приходиться считаться съ нѣкоторыми механическими затрудненіями для достиженія равномѣрнаго движенія телескопа и фотографической пластинки. Кромѣ того, мы видимъ, что тутъ же отпечатались и солнечныя пятна, причемъ они неизбѣжно должны были вызвать еще болѣе значительное общее ослабленіе спектра и той его области, которая служила для фотографированія. Объ яркихъ выступахъ на солнечномъ краѣ, которые видны на этомъ рисункѣ, а также на фотографіи сосѣднихъ солнцу областей, полученной также Хэлемъ, мы будемъ говорить еще далѣе.

На стр. 289 даны четыре другихъ рисунка снятаго такимъ образомъ пятна съ окружающими факелами. Этотъ методъ хотя не даетъ такихъ отчетливыхъ изображеній, какъ простая фотографія, но зато передаетъ намъ предметы, которыхъ глазъ, даже вооруженный самымъ сильнымъ увеличеніемъ, никогда не можетъ видѣть прямо. Эти четыре изображенія интересны еще въ другомъ смыслѣ. Три первыхъ получены со „спектрогеліо-

графомъ“ Хэля 15 іюля 1892 г. черезъ короткіе промежутки времени. Двойное пятно, очень ясно видимое на первомъ рисункѣ, 12 минутъ спустя исчезаетъ, а еще черезъ 27 минутъ отъ него не остается и слѣда. Но черезъ нѣсколько часовъ (см. четвертый рисунокъ) оно появляется вновь почти въ первоначальной формѣ. Это имѣетъ такой видъ, будто свѣтовая матерія окружающихъ пятно факеловъ поднялась изъ пятна и на время закрыла его.

Все говоритъ за то, что факелы выдаются надъ поверхностью солнца, покрытой грануляціей. Во всякомъ случаѣ они стоятъ въ очень тѣсной связи, а по мнѣнію Хэля, даже тождественны съ выступами, **протуберанцами**. Эти послѣдніе можно наблюдать, и въ обыкновенный телескопъ, во время полныхъ солнечныхъ затменій. Они выдаются при этомъ надъ краемъ солнца въ видѣ исполинскихъ огней, тогда какъ весь остальной его дискъ бываетъ закрытъ луною.



Изверженіе на солнцѣ, по фотографіи, полученной Хэлемъ 15 іюля 1892 г. при помощи спектрогеліографа на Кенвудской обсерваторіи.

Протуберанцы имѣютъ замѣчательную исторію. Еще древніе писатели говорили объ огняхъ, которые какъ бы внезапно вырываются изъ солнца въ моментъ его полнаго затменія, но только собственно со средины настоящаго столѣтія стали производить научныя наблюденія надъ этими образованіями, хотя они бросаются въ глаза въ моменты затменія и легко различаются просто глазомъ. Такая отсталость въ ихъ изученіи объясняется, быть можетъ, отчасти тѣмъ, что въ возбужденномъ состояніи, въ какое приводитъ каждаго наблюдателя солнечное затменіе, явленіе выступовъ или вовсе не замѣчалось, или же считалось какимъ то оптическимъ обманомъ, способнымъ вызвать наше удивленіе, но не заслуживающимъ очень подробнаго изученія. Еще въ 1860 г. во время полнаго солнечнаго затменія, наблюдавшагося 18 іюля въ Испаніи, многіе изъ астрономовъ, съѣхавшихся туда для наблюденія, были того мнѣнія, что протуберанцы, которые въ это затменіе отличались особенной красотой, не представляютъ ничего реальнаго, а вызываются преломленіемъ свѣта на неровностяхъ луннаго края. Между

этими наблюдателями находился также Плантамуръ, извѣстный женевскій астрономъ, отличавшійся осторожностью въ своихъ заключеніяхъ; его рисунки солнца въ моментъ описываемаго затменія мы даемъ на прилагаемой таблицѣ. Споръ возникшій по этому поводу, привлекъ интересъ астрономовъ къ этимъ замѣчательнымъ явленіямъ, и благодаря опять таки спектроскопу удалось доказать принадлежность протуберанцевъ солнцу.

Когда во время затменія 18 августа 1868 г. спектроскопъ, новый въ то время аппаратъ для изслѣдованія, былъ направленъ на солнечный край въ тотъ моментъ, какъ дискъ солнца былъ закрытъ луной, внезапно на мѣстѣ темныхъ фраунгоферовыхъ линій поглощенія выступили свѣтлыя линіи; это указывало на присутствіе раскаленныхъ самосвѣтящихся газовъ, происхожденіе которыхъ можно было приписать только солнцу. Жансенъ, пораженный необычайною яркостью этихъ линій, тогда же высказалъ убѣжденіе, что эти линіи можно видѣть во всякое время, а не только во время затменій и, что слѣдовательно, существованіе протуберанцевъ при помощи спектроскопа можно обнаружить всегда. Это вполнѣ подтвердилось; болѣе того, теперь при помощи спектроскопа можно видѣть не только линіи протуберанцевъ, но даже самые протуберанцы съ ихъ своеобразной формой. Независимо отъ Жансена, Гёггинсъ и Цёльнеръ*) дали методы для наблюденія протуберанцевъ. При наблюденіи щель спектроскопа поворачиваютъ такимъ образомъ, чтобы она оставалась касательной къ изображенію солнечнаго края. Тогда на призму сквозь щель будетъ падать свѣтъ только отъ тѣхъ предметовъ, которые находятся собственно внѣ самаго солнца, въ его окрестностяхъ. Протуберанцы даютъ очень немного свѣтлыхъ линій. Такъ, въ нихъ видны линіи водорода, но обыкновенно ярче другихъ линія въ красной части. Если раздвигать щель, то линіи расширяются, но не проектируются одна на другую. Только тамъ, гдѣ черезъ щель дѣйствительно падаетъ свѣтъ отъ протуберанцевъ, полоса, соотвѣтствующая линіи, будетъ казаться свѣтлой, во всѣхъ другихъ мѣстахъ она остается темной. Слѣдовательно, каждая полоса, напр., водородныхъ линій будетъ давать изображеніе протуберанца соотвѣтственнаго цвѣта. Этимъ способомъ въ настоящее время ежедневно изслѣдуютъ протуберанцы вдоль всего солнечнаго края и получаютъ ихъ изображенія. Такъ изучаетъ протуберанцы профессоръ Таккини (Tacchini) въ Римѣ, который уже много лѣтъ публикуетъ изображенія солнечнаго края со всѣми протуберанцами, почти постоянно образующимися на немъ. Совершенно такимъ же образомъ эти явленія регистрируются въ Потсдамѣ.

Можно также отыскивать протуберанцы по методу Хэля и фотографировать ихъ. На нашемъ рисункѣ солнечныхъ факеловъ, сдѣланномъ съ фотографіи Хэля, мы дѣйствительно видимъ протуберанцы на солнечномъ краѣ. Однако, чтобы получить по этому методу полное изображеніе солнца, соединяютъ въ одинъ два снимка: одинъ только съ края солнечнаго диска, другой съ самаго диска. Фотографировать одновременно ту и другую часть нельзя, вслѣдствіе того, что время экспозиціи для нихъ неодинаково. Такое пламя, съ котораго Хэль при помощи своего спектрогеліографа сдѣлалъ нѣсколько фотографій черезъ короткіе промежутки, изображено на прила-

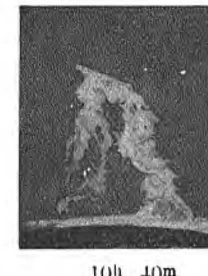
*) Англійскій ученый Локіеръ, независимо отъ Жансена и Цёльнера изобрѣлъ способъ наблюденія выступовъ солнца помимо полныхъ солнечныхъ затменій; инструментъ былъ построенъ при содѣйствіи Королевскаго Общества. Послѣ нѣсколькихъ попытокъ ему удалось наблюдать въ спектроскопъ свѣтлыя водородныя линіи солнечныхъ выступовъ и хромосферы. Отчетъ о своихъ наблюденіяхъ онъ сообщилъ какъ Королевскому Обществу, такъ и Парижской Академіи Наукъ. Вслѣдствіе случайнаго совпаденія, отчеты Локіера и Жансена были выслушаны въ одномъ и томъ же засѣданіи Парижской Академіи въ 1868 г. Французское правительство выбило въ честь обоихъ ученыхъ золотую медаль съ ихъ портретами.

С. Глазенапъ.

гаемомъ рисункѣ. Здѣсь виденъ быстрый ростъ этого явленія, напоминающаго изверженіе.

Такимъ образомъ то, что прежде можно было видѣть лишь мимолетно, въ рѣдкія минуты полнаго солнечнаго затменія, въ настоящее время можно изслѣдовать и измѣрять въ любое время, и къ тому же съ помощью методовъ, которые постоянно совершенствуются. Эти изслѣдованія показали, что въ протуберанцахъ мы имѣемъ передъ собою еще болѣе величественные процессы, чѣмъ въ солнечныхъ пятнахъ. Часто въ то самое время, когда масса пятенъ указываетъ на сильное нарушеніе равновѣсія въ солнечной атмосферѣ, изъ тѣла солнца въ нѣсколько минутъ поднимаются громадные огни, достигающіе необычайной высоты. Такъ, Феній (Fényi), директоръ одной частной обсерваторіи въ Венгріи, видѣлъ 20 сентября 1893 г., какъ въ теченіе четверти часа надъ солнечнымъ краемъ поднялось пламя до невѣроятной высоты въ 500,000 клм.; это соотвѣтствуетъ почти







10^h 34^m 10^h 40^m 10^h 58^m

Изверженный протуберанцъ, по фотографіи, полученной 25 марта 1895 г. на Кенвудской обсерваторіи въ Чикаго.

четверти всего солнечнаго поперечника. Названный наблюдатель сдѣлалъ точное измѣреніе надъ поднятіемъ пламени и нашелъ, что въ теченіе 425 секундъ оно поднялось до 148,000 клм., т. е. въ секунду поднималось на 350 клм.

Изъ всѣхъ наблюдаемыхъ въ природѣ явленій подобными скоростями обладаютъ, за исключеніемъ свѣта и электричества, только немногія кометы, которыя столь близко подходятъ къ солнцу, что почти касаются его поверхности. Представьте себѣ пламя, выбрасываемое изъ раскаленнаго солнечнаго шара на высоту, которая въ 20 и болѣе разъ превосходитъ поперечникъ земли и притомъ съ такой скоростью, которая почти въ тысячу разъ превосходитъ скорость нашихъ снарядовъ. По вычисленію Цёльнера, давленіе, которое необходимо для поднятія такого протуберанца, равно 68.815,000 атмосферъ. Что въ сравненіи съ этимъ изверженія нашихъ вулкановъ! Понятно, что въ виду невѣроятности такихъ процессовъ, многіе изслѣдователи сомнѣваются въ томъ, чтобы въ данномъ случаѣ, дѣйствительно, выбрасывались изъ солнца газы, которые обнаруживаетъ спектроскопъ; они полагаютъ, что эти газы существуютъ постоянно около солнца и только накаливаются внезапно, вслѣдствіе электрическихъ или подобныхъ дѣйствій. Но такъ какъ мы встрѣчаемъ на солнцѣ на каждомъ шагу состоянія и процессы, которые кажутся намъ невѣроятными, то мы не можемъ оспаривать по крайней мѣрѣ à priori, что возможны и механическія дѣйствія указанной силы.

За день до величественнаго изверженія 20 сентября 1893 г., названный венгерскій наблюдатель видѣлъ на діаметрально противоположной сто-

ронѣ солнечнаго края другое пламя высотой въ 360,000 клм., которое изображено на прилагаемой таблицѣ. Первое пламя имѣло почти такую же форму, какъ и это. Одновременное появленіе сходныхъ образованій на діаметрально противоположныхъ точкахъ солнца не ограничивается этимъ случаемъ. 26 іюня 1885 г. Трувело въ обсерваторіи Жансена въ Медонѣ близъ Парижа сдѣлалъ рисунокъ солнца съ двумя протуберанцами въ 460,000 клм. высотой, образовавшимися одинъ противъ другого; изображеніе это также дано на нашей таблицѣ. Въ подобныхъ же діаметральныхъ положеніяхъ наблюдались также точно большія группы солнечныхъ пятенъ.

Протуберанцы могутъ принимать очень разнообразныя формы; такъ первый, изображенный здѣсь, имѣетъ видъ пламени, а оба протуберанца-антипода представляются свѣтлыми лентами. На рисункѣ солнечнаго затменія, сдѣланномъ Плантамуромъ, представлено красное облако, даже совершенно отдѣлившееся отъ поверхности. Нерѣдко значительная часть солнечнаго края бываетъ покрыта массою маленькихъ заостренныхъ огоньковъ. Въ областяхъ высокихъ солнечныхъ широтъ, гдѣ не бываетъ пятенъ, протуберанцы принимаютъ видъ тумана и далеко не поднимаются на такую большую высоту, какъ вблизи экватора,— это соотвѣтствуетъ, несомнѣнно, болѣе спокойному характеру солнечной атмосферы въ данныхъ областяхъ. Нерѣдко можно замѣтить, что пламя вверху разбивается на хлопья или облака, которыя постепенно опять опускаются на солнечную поверхность. Цвѣтъ протуберанцевъ также различенъ и часто испытываетъ быстрыя измѣненія. Преобладаетъ обыкновенно красный цвѣтъ, но наблюдается также желтый, фіолетовый и бѣловатый.

Опускаясь обратно, эти большей частью розоватыя изверженія, повидимому, и образуютъ тотъ тонкій, красноватый слой, который можно различать вдоль края солнца надъ бѣлымъ, самымъ блестящимъ слоемъ, надъ такъ называемой фотосферой. Такимъ образомъ мы находимъ на солнцѣ двѣ совершенно различныхъ газовыхъ оболочки: одна образуется перистыми облаками грануляціи, въ ней то, очевидно, и совершаются явленія солнечныхъ пятенъ, а затѣмъ тонкій розоватый слой, называемый хромосферой. Этотъ слой, возмущаемый иногда процессами, происходящими въ глубинѣ солнца, выбрасываетъ далеко въ пространство протуберанцы.

Надъ хромосферой находится еще третья газообразная оболочка солнца, природа которой до сихъ поръ остается загадочной. Она раздѣляетъ теперь прежнюю судьбу протуберанцевъ, ибо доступна наблюденію только въ моменты полныхъ затменій солнца; а такъ какъ не всякое солнечное затменіе можно наблюдать, то въ теченіе многихъ лѣтъ она появляется всего на нѣсколько минутъ. Эту третью атмосферу называютъ солнечной короной или солнечнымъ вѣнцомъ. Тѣ немногіе наблюдатели, которымъ удавалось наслаждаться картиной затменія, всегда рядомъ съ протуберанцами описываютъ, какъ одно изъ удивительнѣйшихъ явленій, возникающихъ во время полнаго затменія, серебристо-сѣрые лучи короны, появляющіеся внезапно изъ за луннаго края въ моментъ наступленія полной фазы. Объ общемъ характерѣ короны можно составить нѣкоторое представленіе по цвѣтной таблицѣ, изображающей „Ландшафтъ во время полнаго солнечнаго затменія“. Подобно протуберанцамъ, корона считалась до самаго послѣдняго времени простымъ оптическимъ явленіемъ.

Корона представляется въ видѣ яркаго ореола, лучи котораго окружаютъ затемненное солнце; какъ и всѣ другія явленія на солнцѣ, она также можетъ принимать различные формы и размѣры. Эти измѣненія, конечно, можно замѣчать только въ большіе промежутки времени, протекающіе между полными затменіями солнца; въ теченіе же немногихъ минутъ полнаго затменія выступы лучей, иногда очень длинные, сохраняютъ свое по-



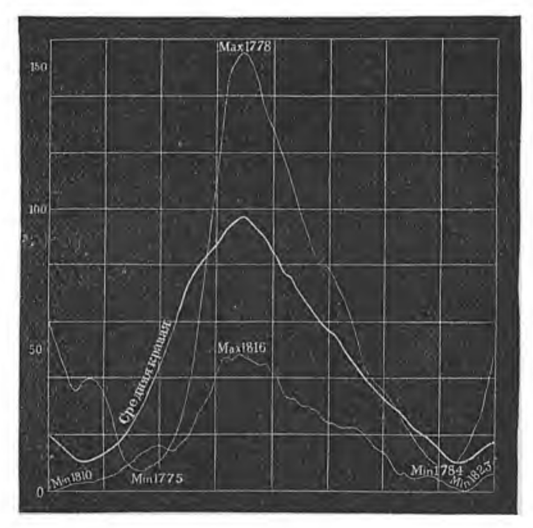
Міроздаміе. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

СОЛНЕЧНЫЕ ПРОТУБЕРАНЦЫ.

a Солнечное затменіе съ протуберанцами, 18 іюля 1860 (по Плантамуру). — *b* Солнце съ протуберанцами-антиподами, по наблюденію Трувело въ Медонѣ (близъ Парижа) 26 іюня 1885. — *c* Протуберанцъ, наблюденный Fényi въ Kalocsa 19 сентября 1893. (Маленькій черный дискъ направо внизу представляетъ относительную величину Земли).

ложеніе. Часто они совершенно прямолинейны, но часто бываютъ своеобразно изогнуты, и тогда напоминаютъ положеніе желѣзныхъ опилокъ, вокругъ полюсовъ магнита. Появляются они только въ поясѣ солнечныхъ пятенъ; на полюсахъ все сіяніе укорачивается; поэтому можно говорить, что этотъ внѣшній слой солнечной атмосферы оказывается значительно сплющеннымъ. Въ главѣ о фотографіи неба на геліогравюрѣ къ стр. 46 и на стр. 57 мы дали рядомъ съ старыми рисунками короны ея фотографіи: по нимъ можно судить, какіе значительные успѣхи принесла здѣсь свѣточувствительная пластинка, такъ какъ рукою человѣка въ короткіе моменты нельзя вѣрно передать столь рѣдкаго и сложнаго явленія. Въ настоящее время изображеніе короны на рисункѣ Плантамура кажется намъ страннымъ (см. цвѣтную таблицу, изображающую „Солнечные протуберанцы").

Въ спектрѣ короны имѣются свѣтлыя линіи, которыя свойственны только ей и происходятъ отъ раскаленныхъ газовъ. Кромѣ того недавно Деландру, повидимому, удалось доказать, на основаніи принципа Допплера и Физо, что этотъ лучистый вѣнецъ вращается вмѣстѣ съ солнцемъ, т. е. какъ бы прочно связанъ съ нимъ. Въ виду этихъ фактовъ, корона должна представлять нѣчто реальное, а не отраженіе солнечныхъ лучей отъ частичекъ свободно носящихся въ пространствѣ и имѣющихъ метеорное происхожденіе, какъ полагали до послѣдняго времени,



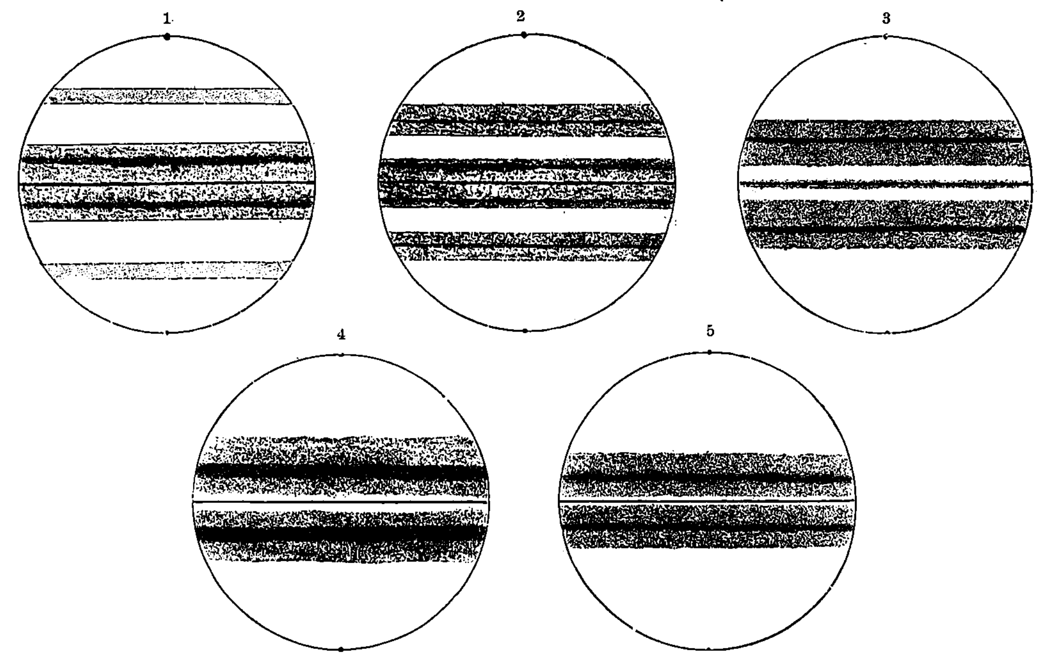
Кривыя Р. Вольфа, выражающія количество солнечныхъ пятенъ.

Но всѣ эти явленія, описанныя нами пока только съ внѣшней стороны, какъ то: солнечныя пятна, свѣточи и выступы, общій видъ солнечной поверхности, зернистое ея строеніе, наконецъ размѣры и форма короны, подвержены періодическимъ общимъ колебаніямъ, которыми и необходимо заняться подробнѣе, прежде чѣмъ перейти къ объясненію физическихъ процессовъ, совершающихся на этомъ громадномъ свѣтилѣ,

О періодѣ, совпадающемъ съ солнечнымъ вращеніемъ, мы уже говорили (стр. 286). Кромѣ того наблюдается еще замѣчательный одиннадцатилѣтній періодъ солнечной дѣятельности, надъ которымъ ломали головы какъ многіе опытные изслѣдователи, такъ еще болѣе легкомысленные любители гипотезъ. Мысль о существованіи этого періода высказалъ впервые Швабе въ 1843 году, а доказалъ ее Рудольфъ Вольфъ въ Цюрихѣ въ 1852 году. Статистика пятенъ, необыкновенно тщательно и точно выполненная Вольфомъ, показала, что длина періода равна 11,3 года, съ погрѣшностью приблизительно въ треть года. Но колебанія въ числѣ пятенъ не имѣютъ той правильности, какую привыкли наблюдать въ движеніяхъ небесныхъ свѣтилъ. Въ среднемъ максимумъ можетъ запаздывать или наступать раньше на три мѣсяца, а въ отдѣльныхъ случаяхъ даже на одинъ годъ и болѣе.

На прилагаемомъ чертежѣ эти отношенія изображены въ видѣ кривой. Вертикальныя линіи отдѣляютъ промежутки времени, горизонтальныя даютъ количество наблюдавшихся пятенъ, выраженное въ извѣстныхъ относительныхъ числахъ, введенныхъ Вольфомъ. Послѣднія позволяютъ сглаживать раз-

ницы въ данныхъ наблюденія, полученныхъ различными астрономами, а также съ различными инструментами. Жирная кривая соотвѣтствуетъ среднимъ колебаніямъ, выведеннымъ изъ всѣхъ наблюденій, обѣ слабыя линіи представляютъ дѣйствительныя отношенія для періодовъ 1775—84 и 1810—23 гг. Онѣ даютъ два крайнихъ случая, чрезвычайно большой и очень малой солнечной дѣятельности. Тогда какъ въ среднемъ максимумъ солнечныхъ пятенъ выражается числомъ 100, въ 1816 г. онъ равнялся всего 50, но за то въ 1778 г. поднялся до 150. Въ 1810 и 1823 гг. въ минимумѣ солнце долгое время было совсѣмъ безъ пятенъ, тогда какъ въ минимумы, предшествовавшіе этой необычайной дѣятельности и слѣдовавшіе за нею, солнце



Распредѣленіе солнечныхъ пятенъ: 1) незадолго до минимума, 2) вскорѣ послѣ минимума, 3) передъ максимумомъ, 4) во время максимума, 5) послѣ максимума. См. стр. 295.

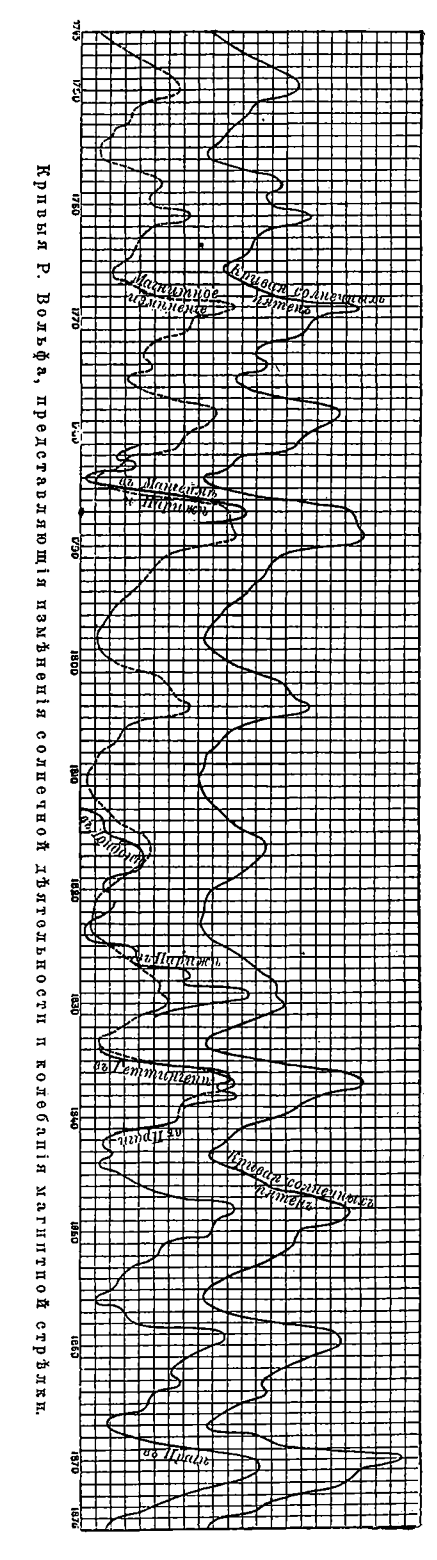
было покрыто нѣсколькими пятнами. Изъ трехъ кривыхъ можно далѣе видѣть, что послѣ минимума число пятенъ возрастаетъ быстрѣе, чѣмъ идетъ уменьшеніе отъ максимума до слѣдующаго минимума. Промежутокъ отъ минимума до максимума на два года меньше, чѣмъ отъ максимума до минимума. Подобныя же отношенія наблюдаются на всѣхъ явленіяхъ, которыя связаны съ нарушеніемъ равновѣсія: нарушеніе всегда наступаетъ быстрѣе, чѣмъ прекращается. Далѣе, болѣе сильныя проявленія солнечной дѣятельности имѣютъ всегда меньшую продолжительность, чѣмъ слабыя; это опять общее правило: при болѣе значительной затратѣ энергія истощается быстрѣе.

Одновременно съ этимъ довольно правильнымъ увеличеніемъ и уменьшеніемъ количества пятенъ замѣчены были — приблизительно съ середины нашего столѣтія, т. е. съ тѣхъ поръ какъ серьезно занялись изученіемъ пятенъ — своеобразныя теченія, которыя по всей видимости подчинены нѣкоторому закону. Именно, послѣ того, какъ солнце въ теченіе нѣкотораго времени оставалось почти лишеннымъ пятенъ, около экватора, непремѣнно въ поясѣ между 20° сѣверной и южной солнечной широты, наступаютъ первыя нарушенія его ясности. Но чѣмъ ближе къ максимуму, тѣмъ болѣе удаляются отъ экватора центры образованія пятенъ, пока они

не войдутъ въ пояса между 20 и 40° къ сѣверу и югу отъ экватора. За 40° обѣихъ широтъ пятна появляются очень рѣдко; это было замѣчено еще въ первые періоды наблюденій надъ пятнами (напр., іезуитомъ Шейнеромъ, который оспаривалъ у Галилея первенство въ открытіи солнечныхъ пятенъ). Самое близкое къ полюсу пятно, которое когда либо наблюдалось, находилось на 51° сѣверной широты. Послѣ максимума центры образованія вновь приближаются къ экватору, и подтропическій поясъ опять освобождается отъ пятенъ ко времени слѣдующаго минимума. Эту замѣчательную смѣну открылъ впервые Кэррингтонъ; затѣмъ ее прослѣдили Вольфъ и Шпёреръ. Шпёреръ очень наглядно изобразилъ эти движенія пятенъ по широтамъ за одиннадцатилѣтній періодъ въ схематическихъ рисункахъ, изображенныхъ на стр. 294 и не требующихъ объясненій. Вольфъ приписываетъ эти движенія теченіямъ, которыя въ продолженіе одиннадцатилѣтняго періода пятенъ, подвигаются отъ полюсовъ къ экватору. Сейчасъ же послѣ минимума начинаются теченія на полюсахъ. Идущія съ сѣвера и юга теченія встрѣчаются на экваторѣ и здѣсь начинается образованіе пятенъ вслѣдствіе вихревыхъ движеній, напоминающихъ наши вихри, которыя наблюдаются во время бурь. Вслѣдствіе остановки на экваторѣ теченія должны повернуться и достигаютъ выше указаннаго пояса; въ это время экваторіальная область начинаетъ успокаиваться. Незадолго до слѣдующаго минимума теченіе вновь достигаетъ полюсовъ и затѣмъ снова поворачиваетъ обратно. Такимъ образомъ на солнечномъ шарѣ происходятъ одиннадцатилѣтнія пульсаціи, о которыхъ мы еще будемъ говорить.

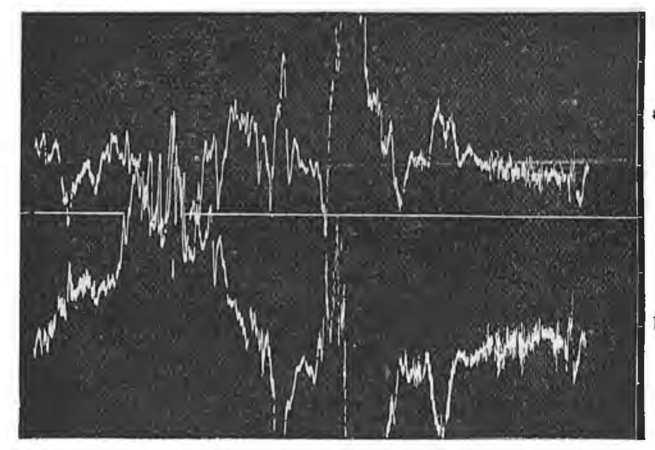
Обширныя работы Вольфа привели его кромѣ того къ открытію **второго минимума и максимума**, т. е. къ вторичнымъ колебаніямъ въ солнечной дѣятельности въ предѣлахъ главнаго періода. Затѣмъ онъ полагалъ, что пять одиннадцатилѣтнихъ періодовъ образуютъ одинъ 55—56 лѣтній, въ теченіе котораго происходитъ увеличеніе и уменьшеніе максимальной дѣятельности главнаго періода. Но относительно этого заключенія цюрихскій изслѣдователь высказалъ сомнѣніе въ своей послѣдней работѣ, за которой его застала смерть.

Вполнѣ увѣренно неутомимый ученый доказалъ **тѣсную связь періода пятенъ съ колебаніями магнитной**



Кривыя Р. Вольфа, представляющія измѣненія солнечной дѣятельности и колебанія магнитной стрѣлки.

силы нашей планеты. Двѣ кривыя, которыя изображены на стр. 295 рядомъ на одномъ чертежѣ, вызываютъ невольное изумленіе своимъ поразительнымъ совпаденіемъ. Верхняя кривая представляетъ колебанія въ количествѣ пятенъ между 1745 и 1875 гг., другая изображаетъ отклоненія отъ средняго положенія, какія испытывала въ тотъ же періодъ магнитная стрѣлка у насъ на землѣ, т. е. на разстояніи 20 милліоновъ миль отъ этихъ самыхъ пятенъ. Пунктирная кривая выведена изъ среднихъ величинъ различныхъ мѣстъ наблюденія, жирныя линіи соотвѣтствуютъ наблюденіямъ въ пунктахъ, указанныхъ на чертежѣ. Мы видимъ, что каждая вогнутость одной кривой соотвѣтствуетъ таковой же части въ другой. Если слѣдить за отдѣльными колебаніями магнитной стрѣлки (наша кривая даетъ только среднюю величину), то даже, несмотря на солнце, можно съ достаточной достовѣрностью опредѣлить количество пятенъ, и даже положеніе въ данный моментъ извѣстной группы пятенъ на солнечномъ дискѣ. Въ этомъ отношеніи интересны изображенныя на прилагаемомъ рисункѣ зигзагообразныя линіи, которыя начерчены самой магнитной стрѣлкой съ 12 по 14 февраля 1892 г. Мы уже знаемъ, что въ эти дни черезъ дискъ солнца, вслѣдствіе вращенія свѣтила, проходило необыкновенно большое пятно. 12 февраля оно прошло меридіанъ солнца, обращенный къ землѣ, и, слѣдовательно, находилось къ намъ ближе всего. Магнитная стрѣлка сначала оставалась въ нормальномъ положеніи, такъ какъ дѣйствіе отстаетъ отъ причины на нѣкоторый промежутокъ времени. Но 13 числа стрѣлка внезапно пришла въ совершенно лихорадочное колебаніе, произошла магнитная буря необычайной силы. Затѣмъ 14-го вспыхнуло великолѣпное сѣверное сіяніе надъ всей западной Европой, которое было видно даже въ Римѣ. Такъ какъ полярныя сіянія стоятъ въ тѣсной связи съ магнитнымъ состояніемъ земли, то нѣтъ ничего удивительнаго, что они появляются одновременно съ сильными нарушеніями, происходящими на центральномъ свѣтилѣ нашей системы, когда громадныя пространства, равныя по размѣрамъ цѣлымъ планетамъ, бываютъ охва-



Кривая февральской магнитной бури 1892 г.: 1) кривая колебаній магнитной стрѣлки, зачерченная автоматически въ Гринвичѣ съ 12 на 13 февраля 1892 г. a) колебанія склоненія, b) колебанія горизонтальной силы; 2) кривая колебаній магнитной стрѣлки, зачерченная автоматически въ Гринвичѣ съ 13 на 14 февраля 1892 г. a) колебанія склоненія, b) колебанія горизонтальной силы.

чены хаотическимъ движеніемъ. Во время этихъ магнитныхъ бурь, какъ еще Гумбольдтъ назвалъ полярныя сіянія, часто на поверхности земли проходятъ сильные токи электрическаго характера и сообщаются нашимъ телеграфнымъ проводамъ. На всемъ континентѣ тогда аппараты Морзе начинаютъ стучать, какъ будто подъ дѣйствіемъ невидимой руки, и телеграфное сообщеніе становится невозможнымъ на цѣлые часы. И причиной такихъ нарушеній является солнечное пятно, находящееся отъ насъ на разстояніи 20 милліоновъ миль!

Понятно, что одинадцатилѣтній періодъ солнечной дѣятельности разсчитывали обнаружить и на другихъ земныхъ процессахъ, особенно на колебаніяхъ метеорологическихъ явленій, для которыхъ давно стремятся установить законы и правила. Мы уже видѣли, что 27-дневный періодъ солнечнаго обращенія, дѣйствительно, отражается на нѣкоторыхъ метеорологическихъ явленіяхъ. Въ шестидесятыхъ и семидесятыхъ годахъ съ большимъ рвеніемъ отыскивали всякаго рода періодическія явленія, Прежде всего, конечно, было обращено вниманіе на колебанія температуры. Но послѣднія сильно затемняются мѣстными условіями, а опредѣленіе общаго количества теплоты, дѣйствительно доходящей до земли, встрѣтило непреодолимыя трудности. Тогда стали искать явленій, стоящихъ въ зависимости отъ температурныхъ колебаній, и младшему Гершелю пришла при этомъ очень остроумная мысль. Онъ основательно предположилъ, что болѣе высокая температура должна на всей землѣ повысить урожай, а послѣдній долженъ сказаться на средней цѣнѣ хлѣба на лондонской биржѣ. И, дѣйствительно, въ колебаніи лондонскихъ цѣнъ на хлѣбъ Гершель нашелъ одиннадцатилѣтній періодъ. Правда, это доказательство очень шаткое, и оно многократно осмѣивалось. На самомъ же дѣлѣ колебанія метеорологическихъ элементовъ въ одиннадцатилѣтній періодъ не удалось показать съ несомнѣнностью. Также точно нельзя принимать и большого періода климатическихъ колебаній, который Брикнеромъ въ Бернѣ ставился въ связь съ большимъ періодомъ солнечной дѣятельности, допущеннымъ Вольфомъ, такъ какъ существованіе этого послѣдняго періода является еще совершенно недоказаннымъ.

Въ виду несомнѣнной тѣсной связи между нашей землей и центральнымъ свѣтиломъ, весьма удивительно, что нельзя обнаружить вліянія этого одинадцатилѣтняго періода на жизни нашей планеты; было бы менѣе удивительно, если бы даже удалось найти самыя странныя соотношенія. Мы уже знаемъ, что вся жизнь до мельчайшихъ проявленій зависитъ отъ солнечнаго свѣта и солнечнаго тепла. И однако, намъ приходится рѣшать не тотъ вопросъ, чѣмъ объясняется такая связь, а наоборотъ, почему она не проявляется. Этотъ фактъ можно объяснить тѣмъ, что, несмотря на появленіе большихъ солнечныхъ пятенъ, общая сумма лучистой энергіи солнца не измѣняется. Относительно тепловыхъ лучей мы уже сообщали раньше, что точныя измѣренія не могли указать ослабленія температуры въ области пятенъ; нѣкоторые изслѣдователи считаютъ ихъ даже мѣстами болѣе высокой температуры, чѣмъ остальную поверхность. Но, по нашему мнѣнію, жизнь на нашей планетѣ служитъ доказательствомъ того, что очевидное ослабленіе свѣта на одной части поверхности солнца, которое происходитъ отъ развитія пятенъ, должно находить себѣ возмѣщеніе; ибо физіологія растеній можетъ доказать, что для извѣстныхъ жизненныхъ процессовъ столь же необходимо опредѣленное количество свѣта, какъ и тепла. Измѣреніе общей яркости солнца или даже періодическихъ колебаній ея часто встрѣчаетъ непреодолимыя техническія трудности, но растительный міръ нашей земли непрестанно суммируетъ въ себѣ эти дѣйствія лучистой энергіи. Такимъ образомъ идея Джона Гершеля опиралась на безусловно правильное основаніе. Необходимую компенсацію свѣта, по всей

вѣроятности, нужно искать въ факелахъ, которые во время максимумовъ солнечныхъ пятенъ освѣщаютъ необыкновенно яркимъ свѣтомъ громадныя затемненныя области солнечной поверхности. Все говоритъ за то, что во время сильнѣйшихъ возмущеній, о которыхъ свидѣтельствуютъ солнечныя пятна, происходятъ только перемѣщенія въ равновѣсіи силъ, а не уменьшеніе и не усиленіе ихъ. Это намъ необходимо будетъ имѣть въ виду при изслѣдованіи физическихъ причинъ тѣхъ процессовъ, которые совершаются на солнцѣ.

Повидимому, только одни полярныя дѣйствія, каковы электрическія и магнитныя, отражаются какъ на землѣ, такъ и на другихъ небесныхъ тѣлахъ, находящихся близко къ солнцу. Вспомнимъ фосфоресцирующій свѣтъ на темной сторонѣ Венеры, который, вѣроятно, представляетъ сильное полярное сіяніе, и появленіе котораго, повидимому, связано съ одиннадцатилѣтнимъ періодомъ пятенъ. Затѣмъ здѣсь надо еще упомянуть объ указанной Берберихомъ связи, какая замѣчается между періодомъ солнечныхъ пятенъ и количествомъ телескопическихъ, а также яркостью періодическихъ кометъ — явленій, стоящихъ въ зависимости отъ измѣненій электрическаго состоянія солнца (см. стр. 214).

Всѣ разсмотрѣнныя нами особенности, которыя замѣчаются какъ въ появленіи пятенъ, такъ и въ распредѣленіи ихъ по поясамъ на солнечной поверхности, повторяются также на факелахъ и протуберанцахъ. Относительно послѣднихъ надо только замѣтить, что хотя они и наблюдаются вдоль всего солнечнаго края, однако чаще и энергичнѣе изверженіе ихъ происходитъ въ тѣхъ поясахъ, гдѣ образуются самыя большія пятна. Наконецъ, ради полноты напомнимъ здѣсь еще разъ, что и размѣры короны, повидимому, стоятъ въ связи съ явленіемъ пятенъ, какъ по времени, такъ и по мѣсту.

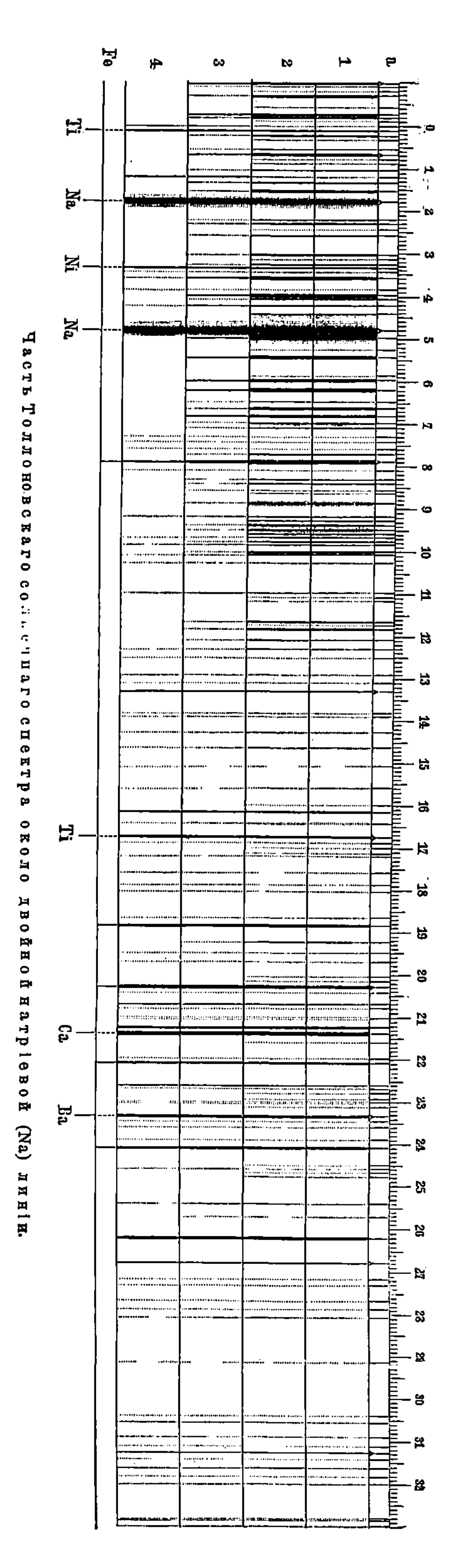
Такимъ образомъ мы перечислили главнѣйшія явленія, какія представляются на солнцѣ прямому наблюденію. При этомъ мы прибѣгали къ спектроскопу только какъ къ вспомогательному инструменту, который вопервыхъ помогалъ намъ при фотографированіи нѣкоторыхъ деталей, а вовторыхъ давалъ возможность обнаруживать движенія. Теперь же мы прибѣгнемъ къ помощи спектроскопа, чтобы воспользоваться его главнымъ свойствомъ, какъ средствомъ для изслѣдованія *матерьяльной, химической природы тѣхъ веществъ*, которыми вызываются на солнцѣ описанныя явленія.

Изъ главы о спектральномъ анализѣ мы уже знаемъ, что солнечный свѣтъ даетъ много такъ называемыхъ *фраунгоферовыхъ темныхъ линій*, указывающихъ на существованіе поглощающей атмосферы надъ раскаленнымъ ядромъ, и что эти атмосферные пары состоятъ большею частью изъ металловъ, которые на землѣ или совсѣмъ не возможно или можно только съ очень большимъ трудомъ превратить въ газообразное состояніе. Прямое наблюденіе вполнѣ согласуется съ этимъ, такъ какъ оно несомнѣнно свидѣтельствуетъ о существованіи атмосферы. Громадное же излученіе свѣта и тепла указываетъ на то, что въ солнечной атмосферѣ должны находиться тѣла, которыя превращаются въ газъ гораздо труднѣе, чѣмъ вещества, находящіяся въ нашей атмосферѣ, хотя въ движеніяхъ и состояніяхъ той и другой атмосферы наблюдается несомнѣнное внѣшнее сходство.

Солнечный спектръ измѣренъ самымъ точнымъ образомъ на всемъ его протяженіи со всѣми тончайшими линіями. *Ультракрасные* лучи или тепловой спектръ былъ подробно изслѣдованъ Ланглеемъ; онъ нашелъ здѣсь также *полосы поглощенія*, т. е. области наименьшаго излученія тепла. Слѣдующій затѣмъ *видимый спектръ* измѣряли особенно тщательно Ангстрёмъ въ Упсалѣ, Фогель, директоръ астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ, позднѣе Мюллеръ и Кемпфъ тамъ же, затѣмъ американецъ Роу-

ландъ, Толлонъ въ Ниццѣ и другіе. О солнечномъ спектрѣ, полученномъ послѣднимъ изслѣдователемъ, уже говорилось въ главѣ о спектральномъ анализѣ (см. стр. 80). Небольшая часть этого спектра Толлона изображена здѣсь. Это части, сосѣднія къ двойной линіи натрія D. Можно видѣть, что здѣсь даже между обѣими линіями D_1 и D_2, которыя въ обыкновенные инструменты съ трудомъ удается раздѣлить другъ отъ друга, находятся еще другія линіи. Въ этой массѣ линій очень не легко оріентироваться. Въ книгѣ Шейнера о спектральномъ анализѣ свѣтилъ приведенъ списокъ линій видимаго солнечнаго спектра, въ которомъ насчитывается 4020 линій между длинами волнъ въ 389,5 и 692,5. Сюда нужно присоединить таблицу линій ультракрасной части, которая, по изслѣдованію Абнея, содержитъ еще 590 линій до длины волны въ 986,7. Но этимъ еще далеко не исчерпывается число дѣйствительно содержащихся въ солнечномъ свѣтѣ линій поглощенія.

Необходимо далѣе сравнить эти линіи съ тѣми, которыя получаются отъ земныхъ источниковъ свѣта. Казалось бы, что это легко сдѣлать. Но здѣсь приходится натолкнуться на то затрудненіе, что въ распоряженіи физиковъ нѣтъ достаточнаго количества точныхъ измѣреній надъ спектромъ земныхъ тѣлъ: объясняется это отчасти необычайной кропотливостью работы, отчасти значительными экспериментальными затрудненіями. Главное же затрудненіе заключается въ томъ, что обыкновенно физическихъ измѣреній нельзя непосредственно сравнивать съ астрономическими. Самыя незначительныя различія въ масштабахъ имѣютъ здѣсь уже громадное значеніе, и потому при массѣ фраунгоферовыхъ линій въ солнечномъ спектрѣ совпаденіе найденныхъ чиселъ еще не всегда можетъ служить доказательствомъ дѣйствительнаго совпаденія линій. Въ этомъ отношеніи вполнѣ справедливы слова Шейнера: „къ сожалѣнію, надо сознаться, что значеніе фраунгоферовыхъ линій въ настоящее время извѣстно меньше, чѣмъ объ этомъ знали или покрайней мѣрѣ воображали, что знаютъ, 10 лѣтъ тому назадъ“. Химики,



Часть Толлоновскаго солнечнаго спектра около двойной натріевой (Na) линіи.

отъ которыхъ надо ждать приготовленія чистыхъ веществъ для спектроскопическихъ изслѣдованій, а также физики, должны въ будущемъ много помочь астрономамъ въ удовлетворительномъ разрѣшеніи трудной задачи, т. е., доказать съ полной научной строгостью присутствіе земныхъ элементовъ на солнцѣ. Пожалуй, только одно желѣзо изслѣдовано спектроскопически съ достаточной точностью. Таленъ (Thalén) измѣрилъ 1204 линіи желѣза согласно всѣмъ требованіямъ точнѣйшаго наблюдательнаго искусства. Почти всѣ эти линіи, во всякомъ случаѣ больше тысячи изъ нихъ, найдены въ солнечномъ спектрѣ какъ разъ на соотвѣтствующихъ мѣстахъ. Недостающія линіи остаются сомнительными, отчасти по тому, что онѣ очень слабы, отчасти по другимъ причинамъ; поэтому согласіе обоихъ спектровъ должно считать возможно полнымъ. По Ангстрöму, надо считать доказаннымъ присутствіе на солнцѣ слѣдующихъ элементовъ; рядомъ съ названіемъ элемента приведено число совпадающихъ линій: титанъ 118, кальцій 75, марганецъ 57, никкель 33, кобальтъ 19, хромъ 18, барій 11, натрій 9, магній 4, водородъ 4. По изслѣдованіямъ Локіера (Lockyer) къ нимъ надо присоединить еще: палладій 5, стронцій 4, молибденъ 4, ванадій 4, свинецъ 3, уранъ 3, бериллій 3, алюминій 2, калій 2, цинкъ 2,



Группа атмосферныхъ линій поглощенія около фраунгоферовой линіи A.

кадмій 2, церій 2 и наконецъ литій всего съ однимъ только совпаденіемъ линіи. Вѣроятность, съ которой можно заключить на основаніи совпаденій о присутствіи соотвѣтственнаго элемента, возростаетъ, понятно, съ количествомъ совпаденій, но не въ прямомъ отношеніи; надо принять еще въ разсчетъ общее количество линій, которое характерно для даннаго элемента. Если, напр., изъ всего числа линій желѣзнаго спектра, превышающаго тысячу, только немногія были найдены въ видѣ фраунгоферовыхъ, то это вполнѣ можно считать случайностью. Если же изъ двухъ линій, литія въ солнечномъ спектрѣ появляется лишь одна, то хотя и здѣсь можетъ быть также случайность, однако съ меньшей вѣроятностью, чѣмъ въ примѣрѣ съ желѣзомъ. Присутствіе на солнцѣ натрія, дающаго кромѣ извѣстной уже двойной линіи еще нѣсколько слабыхъ линій, которыя всѣ найдены въ солнечномъ спектрѣ, доказано благодаря девяти совпаденіямъ съ большей вѣроятностью, чѣмъ присутствіе желѣза, хотя для этого послѣдняго имѣется тысяча совпаденій.

Кромѣ перечисленныхъ элементовъ подозрѣвается присутствіе на солнцѣ еще нѣкоторыхъ другихъ, но совпаденіе линій для нихъ установить очень трудно. Къ нимъ принадлежитъ кислородъ. Хотя въ солнечномъ спектрѣ оказывается очень много линій, соотвѣтствующихъ кислороду, но онѣ образуются въ нашей атмосферѣ и всегда становятся тѣмъ слабѣе, чѣмъ выше станемъ мы подниматься со спектроскопомъ. Спеціально для разрѣшенія важнаго вопроса, даетъ ли солнце линіи, отвѣчающія кислороду, Жансенъ устроилъ обсерваторію на Монбланѣ (см. рис. на стр. 38). Окончательные результаты тамъ еще не получены. На прилагаемомъ рисункѣ мы даемъ особенно характерную часть такъ называемыхъ атмосферическихъ линій, именно лежащихъ около фраунгоферовой линіи A, т. е. въ крайней красной части. Мы видимъ, что эти линіи своеобразно расши-

рены; многія, тѣсно лежащія другъ къ другу линіи, которыхъ нельзя раздѣлить, образуютъ такъ называемыя полосы. Поэтому-то здѣсь труднѣе доказать совпаденіе. Можно было бы прибѣгнуть къ принципу Допплера, такъ какъ линіи отъ движущагося солнца не должны совпадать съ линіями земной атмосферы, находящейся въ покоѣ относительно нашего инструмента. Однако и этимъ принципомъ нельзя здѣсь воспользоваться: въ неотчетливыхъ полосахъ тонкія раздвоенія исчезаютъ (см. также стр. 285). Подобная же неопредѣленность, связанная съ трудностью наблюденія, существуетъ и относительно углерода на солнцѣ. Къ упомянутымъ здѣсь элементамъ Роуландъ въ послѣднее время присоединилъ еще мѣдь, серебро и олово; онъ установилъ далѣе 200 линій, отвѣчающихъ углероду, и показалъ присутствіе слѣдующихъ очень рѣдкихъ (за исключеніемъ кремнія) элементовъ: цирконія, скандія, неодимія, лантана, иттрія, ніобія, кремнія, родія, эрбія, германія.

При обозрѣніи всѣхъ названныхъ элементовъ химикъ не можетъ не обратить вниманія на то, что между ними нѣтъ ни одного представителя группы металлоидовъ, если не говорить о водородѣ, который причисляется теперь къ металламъ, а затѣмъ о кислородѣ, присутствіе котораго еще не вполнѣ доказано, и, наконецъ объ углеродѣ и кремніи. Несмотря на это, нельзя еще отсюда дѣлать вывода объ отсутствіи этихъ веществъ на солнцѣ и даже въ оболочкѣ, доступной нашему непосредственному спектроскопическому изслѣдованію. Оказывается, что въ массѣ металлическихъ и металлоидныхъ паровъ спектръ послѣднихъ постоянно заслоняется болѣе яркимъ спектромъ первыхъ, и потому не можетъ быть обнаруженъ. Если, напр., въ вольтовой дугѣ обратить въ паръ кусокъ такъ называемаго сѣрнаго колчедана, то мы тотчасъ же можемъ получить яркій спектръ желѣза, а если въ кускѣ находятся незначительные слѣды мѣди, то и ее можно тотчасъ же обнаружить спектроскопомъ. Но спектръ сѣры будетъ едва замѣтенъ, хотя она и содержится въ этомъ минералѣ въ гораздо большемъ количествѣ, чѣмъ металлическія составныя части. Это указываетъ на большое еще несовершенство спектральнаго метода. Такимъ образомъ надо отмѣтить, что на солнцѣ возможно существованіе кислорода, азота, хлора, брома, іода, фтора, сѣры, селена, теллура, фосфора, мышьяка, бора, хотя мы и не находимъ въ спектрѣ солнца линій, принадлежащихъ этимъ тѣламъ. Если исключить эти элементы и немногіе другіе, которые необычайно рѣдки на землѣ, и, быть можетъ, ускользаютъ и на солнцѣ отъ проницательнаго взгляда человѣка, то изъ извѣстныхъ намъ элементовъ остаются неоткрытыми на солнцѣ еще слѣдующіе: сюрьма, золото, платина, ртуть и висмутъ.

Это тяжелые элементы. Несомнѣнно, что тяжелые газы (а всѣ эти элементы могутъ существовать на солнцѣ только въ газообразномъ видѣ) должны занимать самыя нижнія области атмосферы, состоящей изъ смѣси тѣлъ. Если во внѣшней оболочкѣ солнца спектроскопъ не обнаруживаетъ присутствія тяжелыхъ газовъ, то и отсутствіе паровъ только что названныхъ металловъ не представляетъ ничего страннаго. Въ перечнѣ элементовъ, найденныхъ на солнцѣ по совпаденію линій, только свинецъ и уранъ имѣютъ большіе атомные вѣса. По даннымъ Ангстрöма присутствіе каждаго изъ нихъ на солнцѣ обнаружено тремя совпаденіями. Но Роуландъ для свинца нашелъ всего одно совпаденіе, а уранъ ставитъ въ число элементовъ, существованіе которыхъ на солнцѣ сомнительно. Въ виду малаго числа совпаденій позволительно сомнѣваться и въ присутствіи свинца; но возможно, что опредѣленіе плотности этихъ тѣлъ въ газообразномъ состояніи не точно, и, можетъ быть, эти тѣла въ видѣ газовъ гораздо легче, чѣмъ это принимается на основаніи теоретическихъ соображеній.

Мы не станемъ здѣсь глубоко вдаваться въ интересную область атомистической теоріи, и только ограничимся указаніемъ, что удѣльные вѣса

тѣлъ въ твердомъ состояніи могутъ стоять въ иныхъ отношеніяхъ другъ къ другу, чѣмъ удѣльные вѣса ихъ газовъ. Если какое нибудь тѣло вдвое тяжелѣе другого, то въ газообразномъ состояніи они могутъ обладать одинаковымъ удѣльнымъ вѣсомъ. Такимъ образомъ въ перечнѣ газовъ, присутствующихъ на солнцѣ, мы въ правѣ поставить вопросительные знаки противъ свинца и урана. Это значитъ, что въ фотосферѣ солнца нѣтъ тяжелыхъ тѣлъ, т. е. металловъ въ газообразномъ состояніи. Изъ тѣлъ, которыя въ видѣ газовъ оказываются удѣльно легкими, замѣчается отсутствіе только мѣди, серебра и олова. Поэтому не теряя изъ виду неполноты тѣхъ выводовъ, какіе даетъ намъ спектроскопическій методъ, мы можемъ утверждать, что между химическимъ составомъ солнца и нашей земли нѣтъ существенной разницы.

Правда, въ солнечномъ спектрѣ остается еще безъ объясненія чрезвычайно большое количество фраунгоферовыхъ линій. Можно было бы думать, что онѣ принадлежатъ тѣламъ, которыхъ нѣтъ у насъ на землѣ. Но на самомъ дѣлѣ это не такъ. Всѣ тѣла измѣняютъ свой спектръ при измѣненіи физическихъ условій, именно, въ большинствѣ случаевъ спектръ тѣмъ болѣе богатъ линіями, чѣмъ сильнѣе накаливаніе, и слѣдовательно, чѣмъ интенсивнѣе свѣтъ, который даютъ намъ эти тѣла. Поэтому многія линіи въ солнечномъ спектрѣ, быть можетъ, принадлежатъ и извѣстнымъ намъ тѣламъ, но мы на землѣ не въ состояніи этого доказать, такъ какъ не можемъ поставить тѣла въ такія условія, въ какихъ, несомнѣнно, они находятся на солнцѣ. Опытъ показываетъ, что линіи не измѣняютъ совсѣмъ или измѣняютъ только очень мало относительную напряженность при измѣненіи общей яркости: если одна линія какого нибудь тѣла при извѣстныхъ условіяхъ вдвое интенсивнѣе другой линіи того же тѣла, то таково же остается ихъ взаимное отношеніе, какъ бы ни увеличивалась яркость всего спектра. Отсюда и происходитъ то, что нѣкоторыя линіи вообще становятся видимы только при большой силѣ свѣта. Если бы въ солнечномъ спектрѣ оказались очень яркія линіи, которыя не былы бы тождественны съ линіями земныхъ тѣлъ, то съ большой вѣроятностью можно было бы заключить, что онѣ, дѣйствительно, принадлежатъ элементу, не существующему на землѣ. Однако до сихъ поръ подобнаго случая между фраунгоферовыми линіями поглощенія не было найдено, за то такіе случаи наблюдались въ системѣ яркихъ линій, которую мы разсмотримъ особо

Итакъ, спектроскопъ намъ прежде всего показалъ, что верхній слой фотосферы, гдѣ висятъ шаровидныя облака, составляющія солнечную грануляцію, состоитъ изъ смѣси металлическихъ паровъ, между которыми нѣтъ извѣстныхъ намъ наиболѣе тяжелыхъ тѣлъ.

Самая главная часть солнечнаго свѣта идетъ отъ блестящихъ бѣлыхъ облаковъ фотосфернаго слоя, т. е. отъ его грануляціи. Только выше этого слоя часть свѣта задерживается, и это обнаруживается въ видѣ темныхъ фраунгоферовыхъ линій въ спектрѣ, который безъ этого былъ бы сплошнымъ: если тѣло даетъ совершенно бѣлый свѣтъ, то получается сплошной спектръ, по которому о химическомъ характерѣ тѣла судить нельзя. Но по такому спектру мы можемъ судить о физическомъ состояніи слоевъ фотосферы. Какъ мы видѣли раньше, непрерывная цвѣтная полоса можетъ получаться при обыкновенныхъ условіяхъ только отъ твердаго или жидкаго раскаленнаго до бѣла тѣла. Но на солнцѣ не можетъ быть привычныхъ для насъ условій; на нашу мѣрку тамъ все ненормально. Въ лабораторіи мы находимъ, что яркія линіи, полученныя отъ газовъ, расширяются все болѣе и болѣе, по мѣрѣ увеличенія давленія, подъ которымъ находятся газы. Въ концѣ концовъ получается сплошной спектръ, хотя при томъ сильномъ жарѣ, при какомъ находятся эти газы, въ жидкость они превратиться не могутъ. На солнцѣ, при его громадныхъ размѣрахъ подобныя условія

вполнѣ мыслимы. Такимъ образомъ на основаніи спектроскопическихъ изслѣдованій нельзя сдѣлать никакого опредѣленнаго заключенія относительно аггрегатнаго состоянія глубокихъ слоевъ солнечнаго шара.

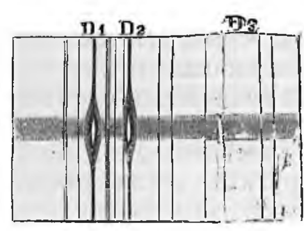
Однако, Шейнеръ вполнѣ справедливо замѣчаетъ, что на солнцѣ должны быть слои, которые рѣзко отдѣляются отъ облаковъ фотосферы, и по всей вѣроятности отличаются по химическому характеру отъ верхнихъ слоевъ. Если бы давленіе усиливалось тамъ постепенно сверху внизъ, какъ въ нашей атмосферѣ, и достигало, наконецъ, величины, при которой газъ начинаетъ давать сплошной спектръ, то и линіи фотосферы обнаруживали бы тѣ же черты постепеннаго перехода, т. е. превращенія въ полосы. Но въ виду того, что полосы эти появляются за рѣзко очерченной границей, надо думать, что и нижній, собственно блестящій слой также рѣзко отдѣленъ отъ поглощающихъ свѣтъ металлическихъ облаковъ. Если этотъ слой твердый или жидкій, то такое условіе выполняется само собою; если же онъ газообразный, то рѣзкая граница можетъ быть только въ томъ случаѣ, если нижній слой сильно отличается отъ верхняго по удѣльному вѣсу, а это возможно только при различіи въ составѣ. Такъ какъ на основаніи физическихъ законовъ врядъ ли можно допустить, чтобы эти сравнительно высокіе слои раскаленнаго солнечнаго шара могли находиться въ жидкомъ или твердомъ состояніи, то остается послѣдній возможный случай, что мы имѣемъ здѣсь два газовыхъ слоя, рѣзко отграниченныхъ другъ отъ друга. Впрочемъ мы увидимъ, что при помощи спектроскопа можно различить надъ фотосферой еще два, или даже три другихъ также рѣзко отграниченныхъ газовыхъ слоя.

Отъ спектроскопическихъ изслѣдованій солнечныхъ пятенъ можно бы было также ожидать важныхъ выводовъ и относительно тѣхъ глубокихъ слоевъ, которые недоступны нашему прямому наблюденію. До сихъ поръ часто встрѣчалось мнѣніе, что солнечныя пятна суть углубленія, отверстія въ фотосферномъ слоѣ, черезъ которыя можно видѣть болѣе глубокія области. Нѣкоторымъ изслѣдователямъ, именно Секки, казалось, что пятна по солнечному краю образуютъ углубленія. Однако, впослѣдствіе это никогда не наблюдалось съ точностью, и не трудно понять, что въ данномъ случаѣ легко было впасть въ ошибку и принять темныя мѣста солнечнаго диска около края за дѣйствительное углубленіе.

Спектроскопическія наблюденія показываютъ очень значительное расширеніе фраунгоферовыхъ линій, когда щель направлена на солнечное пятно; это служитъ признакомъ, что здѣсь происходитъ болѣе сильное поглощеніе свѣта, идущаго изъ глубокихъ слоевъ. Кромѣ того и сплошной спектръ весь является ослабленнымъ. Если бы наблюдалось только это послѣднее явленіе, оно указывало бы лишь на общее уменьшеніе силы свѣта, а это можно было бы объяснить, напримѣръ, тѣмъ, что поверхъ глубокихъ жидкихъ слоевъ, подъ фотосферой плаваютъ шлаки, образующіеся отъ охлажденія въ этихъ областяхъ. Такъ Цёльнеръ пытался объяснить происхожденіе солнечныхъ пятенъ. Хотя спектроскопъ и допускаетъ возможность такихъ шлаковъ, однако, надо еще объяснить, отчего же происходитъ болѣе сильное поглощеніе? Здѣсь можно сдѣлать два предположенія. Или свѣтъ въ этихъ мѣстахъ долженъ проходить черезъ большій слой атмосферы, или газы въ солнечныхъ пятнахъ, — если поглощеніе ихъ усиливается, — должны быть значительно плотнѣе и холоднѣе? Меньшее излученіе теплоты на пятнахъ, какъ намъ уже извѣстно, не подтвердилось на опытѣ; точно также очень невѣроятной является и большая плотность. Наоборотъ, имѣются всѣ основанія думать, что гигантскіе огни, появляющіеся по краю солнца, иногда извергаются изъ солнечныхъ пятенъ. Часто по срединѣ расширенной линіи пятна, напр., натріевой (см. рисунокъ на стр. 304), наблюдалась яркая часть, которая могла появиться только бла-

годаря такому изверженію свѣта. Сдвиги линій также указываютъ на быстрое поднятіе вещества въ пятнахъ, которое можетъ совершиться только при условіи меньшей его плотности. Итакъ, не остается ничего другого, какъ признать **солнечныя пятна отверстіями въ слоѣ фотосферы**, сквозь которыя можно видѣть глубокія части солнечнаго шара. Но это еще не значитъ, что въ профиль они, дѣйствительно, будутъ казаться углубленіями. Напротивъ, они могутъ представлять возвышенія, образованныя газами, которые вытѣснены въ данномъ мѣстѣ надъ уровнемъ фотосферы и являются здѣсь причиной сильнаго поглощенія. Сикора, на основаніи измѣреній, произведенныхъ въ Харьковской обсерваторіи, указываетъ, что размѣры солнца въ направленіи пятна, появляющагося или исчезающаго на его краѣ, больше, чѣмъ въ другихъ направленіяхъ.

Превращеніе темныхъ линій въ яркія происходитъ особенно съ линіями водорода, который, какъ мы сейчасъ узнаемъ, представляетъ существеннѣйшую составную часть протуберанцевъ. Именно, когда надъ тѣнью пятна протягивается блестящій мостъ, то въ спектрѣ внезапно появляются яркія линіи. При одномъ только случаѣ Таккини посчастливилось наблюдать пламя на дискѣ солнца, извергавшееся изъ пятна. Изслѣдователь поставилъ спектроскопъ такъ же точно, какъ и для наблюденій протуберанцевъ, на краѣ солнца (см. стр. 290).



Линіи D въ спектрѣ солнечнаго пятна: измѣненія линій поглощенія надъ солнечнымъ пятномъ.

Не всѣ линіи солнечнаго спектра расширяются въ спектрахъ пятенъ, а также не всѣ испытываютъ одинаковое измѣненіе. Нѣкоторыя линіи, очень незначительныя при обыкновенныхъ условіяхъ, въ спектрѣ пятна часто обращаются въ очень рѣзкіе объекты, тогда какъ другія не претерпѣваютъ измѣненія. Главнымъ образомъ усиливаются линіи желѣза. Въ числѣ 116 линій, которыя Фогель точно измѣрилъ на спектрѣ пятна 24 и 25 марта 1873 г., было 74 линіи желѣза и только немного линій принадлежавшихъ никкелю, кобальту, кальцію, магнію, марганцу и титану. Двѣ линіи, повидимому, принадлежали мѣди. Слѣдовательно, и въ пятнахъ нѣтъ новыхъ элементовъ. Очень странно одностороннее расширеніе нѣкоторыхъ линій, которыя при этомъ кажутся ослабленными къ одному концу спектра. Подобные факты наблюдаются только въ томъ случаѣ, когда приходится имѣть дѣло съ соединеніями элементовъ, особенно металловъ, съ тѣми металлоидами (напр., кислородомъ), существованія которыхъ на солнцѣ спектроскопъ прямо не указываетъ. Слѣдовательно, тогда какъ всѣ элементы на раскаленномъ центральномъ свѣтилѣ находятся въ состояніи диссоціаціи, раздѣленными и неспособными къ химическому взаимодѣйствію, на солнечныхъ пятнахъ они какъ будто бы вступаютъ въ химическія соединенія, по крайней мѣрѣ въ отдѣльныхъ случаяхъ.

Спектръ факеловъ отличается отъ спектра остальной солнечной поверхности только большей интенсивностью сплошной части и не даетъ ни свѣтлыхъ, ни новыхъ темныхъ линій. Эти мѣста или дѣйствительно свѣтятъ сильнѣе, или находятся на большей высотѣ, и лучи, идущіе отъ нихъ, должны проходить сравнительно очень незначительную часть поглощающаго слоя. Возможно, что дѣйствуютъ одновременно обѣ причины. Впрочемъ, другія наблюденія также приводятъ къ заключенію, что факелы суть выступы слоя фотосферы. Въ виду такого спектроскопическаго характера факеловъ сомнительно, чтобы свѣтлыя пятна, которыя Хэль фотографировалъ при помощи своего спектрогеліографа, (см. стр. 288) были, дѣйствительно, факелы, а не выступы. Хэль того мнѣнія, что оба явленія тождественны; другіе же изслѣдователи держатся противоположнаго взгляда. Такъ какъ протуберанцы, безъ

сомнѣнія, должны существовать не только по краю, но и на самомъ солнечномъ дискѣ, гдѣ они, однако, не видны, то можно думать, что при обычномъ способѣ наблюденія характерныя черты протуберанцевъ пропадаютъ и остаются только свойства факеловъ, тогда какъ особенный спектрофотографическій методъ Хэля позволяетъ обнаружить факелы протуберанцевъ. Вопросъ этотъ еще не разрѣшенъ окончательно.

Уже было указано, что протуберанцы можно узнать по свѣтлымъ линіямъ. Повидимому, въ рѣдкихъ случаяхъ всѣ темныя линіи солнечнаго спектра могутъ въ спектрѣ протуберанцевъ на моментъ дѣлаться свѣтлыми. Но характерными линіями, которыя всегда можно найти въ ихъ спектрѣ, являются линіи водорода и еще двѣ другихъ: одна въ 587,6, совсѣмъ близко около двойной линіи натрія, почему она и обозначается D_3, другая въ 531,77 $\mu\mu$. Первая изъ этихъ линій не встрѣчается въ видѣ темной фраунгоферовой линіи въ спектрѣ фотосферы, и до послѣдняго времени для той и другой линіи не находилось тождественныхъ линій въ спектрахъ земныхъ тѣхъ. Вслѣдстіе того, что линія D_3 почти всегда отличается очень большой яркостью, казалось вполнѣ вѣроятнымъ, что въ данномъ случаѣ мы имѣемъ вещество, которое существуетъ только на солнцѣ. Такимъ образомъ можно было говорить о новомъ элементѣ, открытомъ при помощи спектроскопа на разстояніи солнца. Онъ названъ былъ геліемъ.

Уже только на основаніи спектроскопическихъ наблюденій можно было составить нѣкоторое представленіе объ удѣльномъ вѣсѣ этого отдаленнаго вещества, принадлежащаго чуждому намъ міру. Надо замѣтить, что свѣтлыя линіи въ спектрѣ протуберанцевъ, при разсматриваніи въ соотвѣтственные аппараты, кажутся заостреннными въ направленіи къ солнечному краю. Заостренность эта наблюдается не на самыхъ протуберанцахъ, а въ слоѣ, о которомъ мы сейчасъ будемъ говорить подробнѣе, именно о слоѣ, лежащемъ надъ фотосферой и образованномъ изъ тѣхъ же веществъ, что и протуберанцы. Явленіе заостренности линій можно объяснить только тѣмъ, что количество даннаго вещества увеличивается по мѣрѣ поднятія надъ краемъ солнца. Мы предполагаемъ, что щель спектроскопа поставлена въ этомъ случаѣ перпендикулярно къ солнечному краю, т. е. по радіусу солнечнаго диска. Если же интенсивность линій возрастаетъ кверху, то это значитъ, что къ намъ достигаетъ тѣмъ болѣе лучей извѣстнаго рода, чѣмъ дальше мы удаляемся отъ края. Оказывается, что линія гелія спускается нѣсколько ниже линій водорода. Отсюда слѣдуетъ, что если вещества въ солнечной атмосферѣ распредѣлены соотвѣтственно удѣльному вѣсу, — а иначе трудно себѣ это и представить, — то гелій долженъ быть нѣсколько тяжелѣе водорода, хотя все таки долженъ принадлежать къ легчайшимъ элементамъ, такъ какъ занимаетъ высшіе слои солнечной атмосферы.

Всѣ эти предугадыванія, которыя опирались исключительно на анализъ свѣта, подтвердились блестящимъ образомъ, когда Рамзай въ 1895 г. дѣйствительно открылъ гелій въ одномъ рѣдкомъ минералѣ, клевеитѣ. Этотъ минералъ былъ найденъ Норденшильдомъ на далекомъ сѣверѣ. Гелій въ немъ оказался въ довольно значительномъ количествѣ вмѣстѣ съ аргономъ, другимъ элементомъ, незадолго передъ тѣмъ открытымъ, и далъ кромѣ знаменитой линіи D_3 еще нѣсколько другихъ болѣе слабыхъ. Новый газъ оказался въ самомъ дѣлѣ тяжелѣе водорода, но гораздо легче всѣхъ другихъ извѣстныхъ элементовъ. Такимъ образомъ существованіе гелія было подтверждено химикомъ. Этотъ фактъ является замѣчательнымъ торжествомъ спектральнаго анализа, и безъ того уже открывшаго много чудесъ. Съ тѣхъ поръ гелій, всегда въ смѣси съ аргономъ, находили въ другихъ рѣдкихъ минералахъ, въ минеральныхъ источникахъ,

даже въ нашей атмосферѣ (Кайзеръ), но всегда въ самыхъ малыхъ количествахъ, и наконецъ, какъ уже упомянуто въ другомъ мѣстѣ, гелій былъ найденъ въ одномъ метеоритѣ.

Есть-ли на солнцѣ также и аргонъ, остается еще нерѣшеннымъ. Деландръ обратилъ вниманіе на то, что газъ, полученный изъ клевеита, даетъ линію въ 706,55, которая приписывается аргону; но таже линія появляется и въ наружной солнечной оболочкѣ, именно въ хромосферѣ, съ которой мы сейчасъ познакомимся. Названный парижскій астрофизикъ, основываясь на нѣкоторыхъ свойствахъ линій гелія и аргона, приходитъ къ заключенію, что оба эти тѣла не элементы, но соединенія еще неизвѣстнаго элемента, который находится въ атмосферѣ земли въ видѣ аргона, а въ атмосферѣ солнца въ видѣ гелія, и тамъ и тутъ въ значительныхъ количествахъ. Наши знанія этихъ тѣлъ еще слишкомъ новы, чтобы можно было опредѣленно остановиться на какомъ либо взглядѣ.

Другая спектральная линія въ 531,7 встрѣчающаяся въ высшихъ слояхъ солнца и называемая корональной линіей, не нашла себѣ объясненія и послѣ открытія обоихъ новыхъ элементовъ. Поэтому надо искать соотвѣтственное новое вещество, которому заранѣе уже дано имя коронія. И въ будущемъ надо ждать здѣсь новаго торжества науки.

При помощи спектроскопа очень легко установить, что надъ фотосферой находится сравнительно тонкій слой тѣхъ же газовъ, которые въ протуберанцахъ выбрасываются на значительную высоту. Этотъ слой, т. называемая хромосфера, во время солнечныхъ затменій также становится доступнымъ для прямого наблюденія и образуетъ тогда блестящую или розовую кайму, благодаря чему онъ и получилъ свое названіе. Слѣдовательно хромосфера состоитъ главнымъ образомъ изъ водорода, гелія и коронія.

Однако, хромосфера не лежитъ прямо на облакахъ фотосферы. Между ними долженъ находиться еще слой, поглощеніе котораго и даетъ фраунгоферовы линіи. Дѣйствительно, его можно обнаружить во время солнечнаго затменія, когда всѣ фраунгоферовы линіи на одно мгновеніе становятся свѣтлыми. Очевидно, это можетъ длиться, только пока луна, покрывъ собственно блестящій слой, оставляетъ непокрытымъ поглощающій слой фотосферы. Излучающія металлическія облака фотосферы не занимаютъ, какъ и наши облака, самыхъ высшихъ областей этой атмосферы, но между ихъ наиболѣе высокимъ положеніемъ и верхнею границею фотосферы остается еще пространство, занятое всѣми веществами, на которыя указываютъ фраунгеровы линіи. По вычисленію Пульсифера, оно имѣетъ въ высоту почти 120 миль. Только подъ нимъ начинается розовая атмосфера водорода, которая значительно выше, — вѣроятно, въ два или три раза.

Но этимъ еще не заканчивается рядъ слоевъ, образующихъ солнечную атмосферу. Мы уже знаемъ, что далеко надъ областями, до которыхъ извергаются самые высокіе протуберанцы, поднимаются выступы таинственной короны, которые окружаютъ солнце, какъ ореоломъ во время затменія. Спектръ короны, вмѣстѣ съ непрерывной полосой, обнаруживаетъ уже не разъ упомянутую линію въ зеленой части. При радіальной установкѣ щели спектроскопа, когда появляются заостренныя линіи, корональная линія всегда, даже и не въ моментъ затменія, выдается дальше другихъ. Это значитъ, что атомный вѣсъ неизвѣстнаго намъ коронія долженъ быть еще меньше атомнаго вѣса водорода, легчайшаго изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ тѣлъ. Можетъ быть, именно поэтому короній не встрѣчается въ нижнихъ слояхъ нашей атмосферы, какъ и въ нижнихъ слояхъ атмосферы солнца. Вполнѣ возможно, что и земля также имѣетъ корону, и, быть можетъ, воздушные шары приносятъ къ намъ иногда ея слѣды. Сплошной спектръ короны, вѣроятно, происходитъ отъ твердыхъ частичекъ, которыя

носятся вокругъ солнца и отражаютъ солнечный свѣтъ. Это подтверждается и поляріскопомъ.

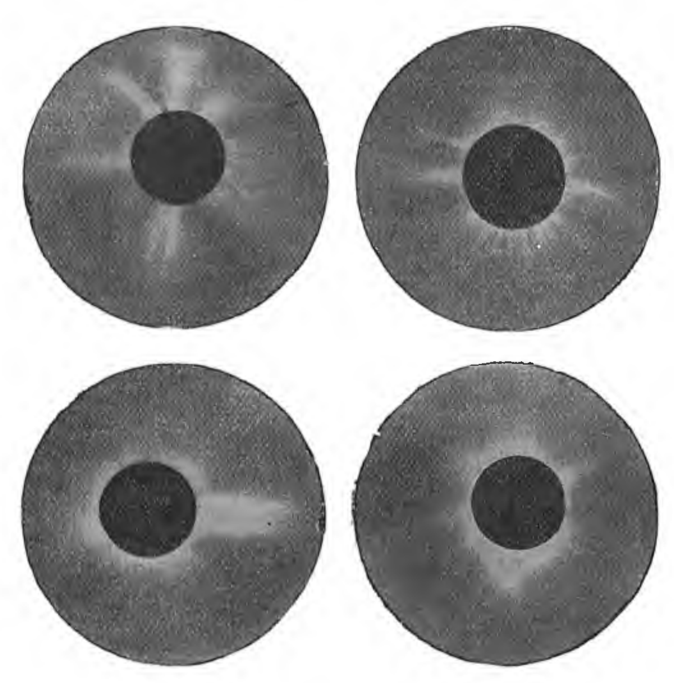
Описавъ такимъ образомъ всѣ главнѣйшіе факты, какіе даетъ намъ наблюденіе надъ солнцемъ, мы соединимъ ихъ теперь въ одну общую стройную картину, которая дала бы намъ представленіе о физическихъ свойствахъ солнца и о процессахъ, на немъ происходящихъ. Другими словами, надо теперь построить теорію солнца. Однако, въ виду того, что масса матеріала еще ждетъ себѣ объясненія, и въ виду крайне своеобразныхъ условій, господствующихъ на могучемъ центральномъ свѣтилѣ, сдѣлать это необычайно трудно. Такихъ теорій построено очень много, но ни одна изъ нихъ не нашла себѣ безусловнаго признанія въ кругахъ специалистовъ. Такимъ образомъ относительно самаго большого, близкаго къ намъ свѣтила, которое ежедневно во всемъ своемъ блескѣ высится передъ нами, и всегда доступно нашему изученію, мы знаемъ меньше, чѣмъ относительно нѣкоторыхъ другихъ небесныхъ тѣлъ, о существованіи которыхъ мы узнали только благодаря помощи телескопа. Солнце, которое когда-то считалось божествомъ, остается для нашего воображенія все еще чѣмъ-то стоящимъ выше нашихъ силъ.

Послѣ того, какъ мы установили извѣстныя числовыя границы для громадной температуры солнца и вообще для его лучистой энергіи, насъ не можетъ не изумлять, что еще до средины нашего столѣтія по примѣру старшаго Гершеля считали ядро солнца, лежащее подъ внѣшней блестящей оболочкой, твердымъ темнымъ тѣломъ, которое, можетъ быть, даже населено человѣкоподобными существами. Гершель, а до него еще глазговскій ученый Вильсонъ, принимали, что въ солнечной атмосферѣ есть два слоя: одинъ изъ нихъ, наружный, излучаетъ свѣтъ, другой, болѣе глубокій, защищаетъ солнечное ядро отъ слишкомъ сильнаго излученія наружнаго слоя. Эта внутренняя атмосфера, по ихъ представленію, могла напримѣръ состоять изъ плотныхъ черныхъ облаковъ дыма. Но еслибы когда нибудь существовало такое состояніе, то черезъ сравнительно короткое время лучистая теплота внѣшняго слоя должна бы была передаться внутреннему, а подъ вліяніемъ этого послѣдняго твердое ядро превратилось въ расплавленно жидкое состояніе, по крайней мѣрѣ, съ поверхности. И дѣйствительно, какъ только былъ открытъ спектральный анализъ и примѣненъ къ изслѣдованію небесныхъ тѣлъ, пришлось признать присутствіе на солнцѣ огненножидкаго ядра. Кирхгофъ, открывшій вмѣстѣ съ Бунзеномъ эту новую область изслѣдованія, построилъ, руководясь показаніями спектроскопа, свою теорію солнца; развитая и дополненная Цёльнеромъ и другими, она сохранила свое значеніе до послѣдняго времени.

Но предположеніе о существованіи жидкаго ядра также наталкивается на трудности. По скольку можно прослѣдить въ нашихъ лабораторіяхъ, оказывается, что газообразное тѣло не можетъ обратиться въ жидкость, если его температура выше критической. Температура ожиженія вообще измѣняется съ повышеніемъ давленія, но къ критической температурѣ это условіе не относится. Выше этой температуры тѣло при какомъ угодно давленіи не теряетъ характерныхъ свойствъ газа. Можно утверждать, что даже при наиболѣе низкой температурѣ, какую можно допустить для солнца, всѣ извѣстныя намъ тѣла должны остаться газами, если даже они подвергнуты самому высокому давленію, какого только можно достигнуть. Несомнѣнно также, что внутри солнца должно существовать невообразимо громадное давленіе, вызванное дѣйствіемъ вышележащихъ слоевъ; о величинѣ этого давленія мы не имѣемъ никакого понятія и можемъ только строить гипотезы на основаніи нѣкоторыхъ данныхъ. Вѣрно только одно: тѣла должны быть тамъ сжаты столь плотно, что въ дѣйствительности газы должны обладать свойствами жидкостей или даже твердыхъ тѣлъ; они должны

быть почти неподвижны. Наши спектроскопическіе опыты показали намъ также, что при высокомъ давленіи газы въ оптическомъ смыслѣ относятся, какъ накаленныя жидкія тѣла.

Но именно при такомъ очень плотномъ и тяжеломъ ядрѣ, которое вполнѣ подобно раскаленному жидкому ядру, нельзя допустить, чтобы верхніе слои, доступные еще нашему прямому наблюденію, находились въ такомъ-же состояніи. Мы имѣемъ въ виду слой, находящійся подъ облаками фотосферной грануляціи и дающій сплошной спектръ. Киргофъ считалъ его жидкимъ. Но этому противорѣчитъ общая плотность солнца. Вполнѣ точными методами, которые объяснены будутъ во второй части этой книги, было найдено, что плотность солнца въ четыре раза меньше плотности земли. Такъ какъ большая часть солнечной матеріи, какъ мы знаемъ, внутри должна быть сжата, то плотность наружной оболочки должна быть меньше, а въ виду громаднаго жара нельзя допустить, чтобы при такой плотности газъ могъ обратиться въ жидкость. Появленіе сплошнаго спектра объясняли тѣмъ, что вслѣдствіе охлажденія слоевъ, лежащихъ ближе всего къ міровому пространству, должно происходить сгущеніе металлическихъ облаковъ фотосферы, и изъ нихъ долженъ падать дождь, состоящій изъ раскаленно жидкихъ капель. Но какъ только этотъ огненный дождь достигнетъ болѣе глубокихъ областей, въ которыхъ температура гораздо выше, онъ снова обращается въ металлическіе пары, Совершенно тоже самое происходитъ у насъ на землѣ съ тѣми облаками, изъ которыхъ дождь не достигаетъ до поверхности земли. На самомъ дѣлѣ дождь идетъ изъ всѣхъ облаковъ; даже тѣ облака, которыя кажутся неизмѣнными, постоянно на своей нижней границѣ отдаютъ влажность воздуху въ видѣ мелкихъ капель, но послѣдняя замѣщается сверху вновь образующимся туманомъ. Если воздушный слой, лежащій подъ облаками, можетъ воспринимать влагу, т. е. переводитъ ее въ паръ, тогда онъ остается прозрачнымъ; капли испаряются, и дождя не бываетъ. То же самое, можетъ быть, происходитъ и на солнцѣ, и раскаленный дождь изъ облаковъ фотосферы и является собственно свѣтоизлучающей срединой.

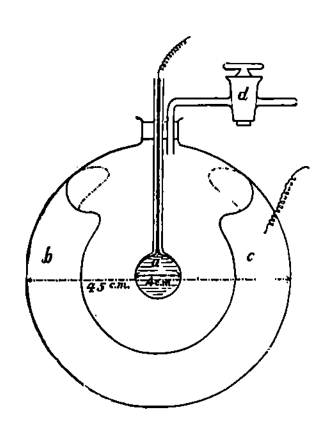


Искусственная корона, полученная **Пюпиномъ** при помощи электрическихъ разрядовъ. Ср. текстъ, стр. 309.

Разъ намъ удалось установить аналогію съ земными метеорологическими условіями въ одномъ отношеніи, то не трудно и другіе процессы въ солнечной атмосферѣ поставить въ параллель съ процессами, происходящими въ нашей атмосферѣ. Солнечныя пятна напоминаютъ **гигантскіе ураганы** (по Фаю), въ центрѣ которыхъ кружатся разорванныя темныя облака. Циркуляціи газовыхъ массъ, вызванныя внутренней болѣе высокой температурой

ядра, обусловливаютъ періодическія перемѣщенія поясовъ, въ которыхъ происходятъ пятна, т. е. тѣхъ областей, гдѣ чаще всего появляются вихри, какъ это наблюдается и на землѣ. Хотя мы пока все еще не знаемъ, какимъ образомъ при движеніи воздушныхъ вихрей развивается у насъ электричество, вызывающее величественныя явленія грозы, однако при сдѣланныхъ нами предположеніяхъ мы можемъ прямо допустить, что и на солнцѣ должно происходить тоже самое. Поэтому насъ не должны удивлять колебанія магнитной стрѣлки при появленіи большаго солнечнаго пятна.

Своеобразное строеніе короны также можно свести къ электрическимъ или магнитнымъ дѣйствіямъ. Копіи съ фотографій, помѣщенныя на стр. 308, поразительно похожи на дѣйствительную корону. Получены были эти явленія при разрядахъ между двумя стеклянными шарами, которые были установлены такъ, какъ это изображено на прилагаемомъ рисункѣ. Малый шаръ *a* былъ наполненъ подкисленной водой и соединенъ съ однимъ полюсомъ электрическаго индукціоннаго прибора. Онъ былъ помѣщенъ въ большой шаръ *b*; изъ пространства между шарами воздухъ былъ почти вполнѣ удаленъ. Часть внутренней поверхности большого шара была оклеена листовымъ оловомъ (станіоль), и эта металлическая обкладка соединена была съ другимъ полюсомъ прибора. Тогда отъ маленькаго шара постоянно исходили лучи, подобные лучамъ короны. Большой шаръ представляетъ міровое пространство, которое, благодаря наполняющимъ его метеоритамъ, можно считать довольно хорошимъ проводникомъ, способнымъ вызвать подобныя явленія. Такъ какъ корона, какъ показываетъ спектроскопъ, содержитъ твердыя частицы, то разряженіе можетъ совершаться черезъ нихъ. Въ этомъ отношеніи было уже указано на то, что тонкіе лучи короны идутъ въ направленіи магнитныхъ или электрическихъ „силовыхъ линій“, подобно тому, напр., какъ располагаются желѣзные опилки вокругъ полюса магнита (см. рис. стр. 310). Такъ какъ наблюденія, какія можно сдѣлать у насъ на землѣ, приводятъ насъ къ заключенію, что въ міровомъ пространствѣ повсюду носится много метеорной пыли, содержащей желѣзо, которая должна окружать и гигантскій магнитъ-солнце на подобіе желѣзныхъ опилокъ, то явленіе короны можетъ найти себѣ удовлетворительное объясненіе, соотвѣтствующее современному состоянію нашихъ знаній. Возможно, что лучи короны, достигающіе часто большой длины, направлены въ тѣ именно области міроваго пространства, гдѣ накопленіе проводящаго вещества облегчаетъ разряженіе. Деландръ, какъ уже сказано, считаетъ корону явленіемъ, напоминающимъ катодные лучи. Этотъ взглядъ совпадаетъ въ нѣкоторомъ отношеніи съ только что развитымъ взглядомъ.

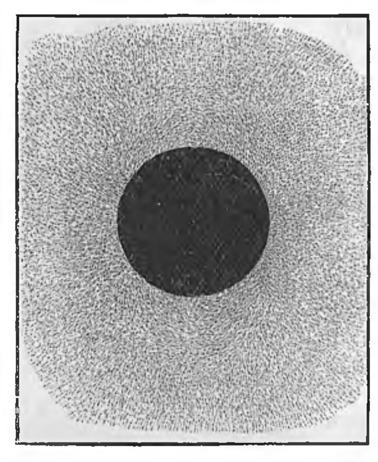


Расположеніе опыта для полученія искусственныхъ лучей короны. (По Пюпину.)

Изложенныя воззрѣнія относительно солнца имѣютъ то преимущество, что могутъ быть поняты на основаніи земныхъ аналогій. Мы замѣчаемъ вообще, что въ мірѣ все повторяется, все протекаетъ одинаково, отъ самыхъ мельчайшихъ явленій до самыхъ крупныхъ событій. Атмосфера изъ металлическихъ паровъ, имѣющая невѣроятно высокую температуру, можетъ въ главнѣйшихъ чертахъ представлять тѣ же явленія, что и наша воздушная оболочка, наполненная воздушными парами. Мы говоримъ: можетъ, но не значитъ, что это должно такъ быть. Поэтому мы не въ правѣ отвергать и другихъ воззрѣній на природу солнца, этого свѣтила, которое во всѣхъ отношеніяхъ превышаетъ наше воображеніе, даже если

бы эти воззрѣнія приводили къ страннымъ выводамъ. Такъ, напр., голландецъ Брестеръ отстаиваетъ тотъ взглядъ, что на солнцѣ все находится въ абсолютномъ покоѣ, а солнечныя пятна обязаны своимъ происхожденіемъ не физическимъ, но главнымъ образомъ химическимъ процессамъ. По его мнѣнію, въ данныхъ мѣстахъ образуются химическія соединенія элементовъ, которыя обыкновенно находятся въ состояніи диссоціаціи. Эти то процессы, придаютъ поверхности измѣнчивый видъ.

Въ особенности, по мнѣнію Брестера и другихъ изслѣдователей, невозможно объяснить явленіями изверженія образованіе протуберанцевъ, поднимающихся отъ солнечнаго края съ такой громадной скоростью. Какъ бы ни были могучи силы, которыя работаютъ внутри солнца, но совершенно точно вычислено, что сила тяжести на его поверхности въ 28 разъ больше, чѣмъ у насъ на землѣ, а соразмѣрно съ этимъ она должна ослаблять и силы, производящія изверженіе. Кромѣ того столь сильнымъ взрывамъ должны предшествовать ужаснѣйшія напряженія, о которыхъ мы еще не можемъ составить понятія по лабораторнымъ опытамъ. Поэтому приходится допустить, что здѣсь происходитъ не изверженіе матеріи, но только очень быстрая передача измѣненій въ веществахъ, которыя уже раньше существовали на извѣстномъ мѣстѣ. Только вслѣдствіе измѣненій эти вещества и принимаютъ для насъ видъ протуберанцевъ. Возможно, напр., что съ поверхности солнца поднимаются электрическіе разряды, подобные грозамъ, и накаливаютъ водородъ наружной солнечной оболочки. Брестеръ предполагаетъ, что здѣсь могутъ происходить также химическія или физическія измѣненія, и напоминаетъ, что, напр., въ нашей атмосферѣ часто кажется, будто облака несутся съ огромной скоростью, на самомъ же дѣлѣ происходитъ не движеніе матеріи, а только совершается процессъ сгущенія, который очень быстро распространяется *).



Расположеніе желѣзныхъ опилокъ вокругъ полюса магнита (линіи силъ). Ср. текстъ, стр. 310.

Другая солнечная теорія, пріобрѣвшая въ послѣдніе годы многихъ выдающихся сторонниковъ, именно теорія Августа Шмидта въ Штуттгартѣ должна произвести еще болѣе сильный переворотъ въ нашихъ взглядахъ на центральное тѣло. Она колеблетъ всѣ наши воззрѣнія на физическія свойства солнца. Исходитъ эта теорія изъ одного теоретическаго соображенія изъ области оптическихъ явленій, котораго къ сожалѣнію нельзя общепонятно изложить въ короткихъ словахъ. Поэтому мы должны удовольствоваться общими указаніями, тѣмъ болѣе, что примѣнимость этой теоріи къ солнцу находится еще подъ вопросомъ. Извѣстно, что свѣтовой лучъ на границѣ двухъ срединъ различной плотности всегда преломляется; на этомъ законѣ основано и дѣйствіе телескопа. Происходитъ также преломленіе и въ нашей атмосферѣ (астрономическая рефракція), благодаря которому, напр., кажется, что солнце уже стоитъ надъ нашимъ горизонтомъ, тогда какъ на самомъ дѣлѣ оно находится еще ниже его. Вслѣдствіе того, что свѣтовой лучъ долженъ проходить послѣдовательно воздушные слои, которые имѣютъ различную плотность въ зависимости отъ высоты, онъ

*) Деландръ, въ своемъ отчетѣ о солнечномъ затмѣніи 1893 года излагаетъ предположеніе, что солнечные выступы суть электрическія явленія въ солнечной атмосферѣ.
С. Глазенапъ.

постепенно изгибается въ нашей атмосферѣ. Такимъ образомъ на большихъ разстояніяхъ мы видимъ на самомъ дѣлѣ все какъ бы изъ за угла. Для земли это искривленіе свѣтового луча много меньше кривизны ея поверхности. Но чѣмъ больше тѣло, тѣмъ меньше, конечно, кривизна его поверхности. Если же атмосферныя условія не мѣняются, то не измѣняется и искривленіе луча. Можно представить такой случай, что обѣ кривизны будутъ совершенно равны между собою. Тогда лучъ всегда останется на одинаковомъ растояніи отъ поверхности. Представимъ себѣ, что мы стоимъ на такомъ небесномъ тѣлѣ и смотримъ прямо передъ собою; тогда линія нашего зрѣнія обойдетъ вокругъ мірового тѣла и дойдетъ до нашей спины, т. е. при такихъ условіяхъ мы могли бы видѣть передъ собой нашу собственную спину, конечно, на соотвѣтственно большомъ разстояніи. Лучъ свѣта постоянно обѣгалъ бы вокругъ мірового тѣла, никогда его не покидая.

Вычисленіе показываетъ, что если плотность отдѣльныхъ слоевъ газового шара такого, какъ солнце, увеличивается, по извѣстнымъ, вполнѣ допустимымъ условіямъ, снаружи къ центру шара, то такая судьба можетъ постигнуть многіе лучи, имѣющіе различное направленіе. Хотя лучи эти сначала направлялись въ міровое пространство, но въ данномъ случаѣ они или никогда не оставятъ мірового тѣла, или оставятъ его послѣ извѣстнаго числа оборотовъ совсѣмъ въ другомъ мѣстѣ. Теорія показываетъ далѣе, что нѣкоторые слои должны собирать и удерживать особенно много такихъ круговыхъ лучей. Въ такихъ мѣстахъ облакоподобныя образованія должны освѣщаться очень интенсивно. Въ данномъ случаѣ произойдетъ собственно только оптическое, но не физическое разграниченіе. Если солнечный газовый шаръ удовлетворяетъ оптическимъ условіямъ этой теоріи, а противъ этого не говоритъ ни одинъ наблюдавшійся фактъ, то онъ можетъ постепенно и равномѣрно сливаться съ міровымъ пространствомъ безъ всякаго обособленія отдѣльныхъ слоевъ (фотосферы, хромосферы, короны) и тѣмъ не менѣе обнаруживать рѣзкія оптическія разграниченія, которыя мы на немъ и наблюдаемъ. При подобныхъ условіяхъ измѣренный нами поперечникъ солнца, на которомъ мы строимъ много важныхъ заключеній, былъ бы ничто иное, какъ оптическій обманъ. Болѣе того, мы уже сказали, что многіе лучи, должны выходить изъ солнечнаго тѣла, совсѣмъ не въ томъ мѣстѣ, гдѣ они возникли. Солнечныя пятна, выступы и всѣ другія разнообразныя явленія, которыя мы разсмотрѣли выше, быть можетъ, придется отнести къ области ложныхъ оптическихъ изображеній, или можетъ быть, всѣ эти процессы совершаются совсѣмъ въ другихъ мѣстахъ, именно на значительной глубинѣ солнечнаго тѣла, тогда какъ мы ихъ наблюдаемъ на поверхности. Необходимо, конечно, сравнить безпристрастно всѣ факты съ этой теоріей, чтобы рѣшить насколько она въ самомъ дѣлѣ можетъ разрушить наши современныя воззрѣнія на природу солнца.

Заканчивая наше ознакомленіе съ громаднымъ центральнымъ свѣтиломъ, которому какъ мы, такъ, вѣроятно, и безчисленныя количества другихъ живыхъ твореній на другихъ планетахъ обязаны своими радостями и страданіями, мы должны признаться, что оно становится для насъ тѣмъ загадочнѣе, чѣмъ глубже мы погружаемся въ его изученіе. Изъ всѣхъ свѣтилъ, окружающихъ насъ во вселенной, оно остается для насъ наиболѣе непонятнымъ, такъ какъ не только въ цѣломъ, но и во всѣхъ подробностяхъ, оно далеко превосходитъ всѣ наши опытныя знанія, какія мы можемъ собрать на нашей крохотной землѣ. Но съ другой стороны къ нашей радости мы узнаемъ, что это свѣтило, величина котораго превосходитъ все, доступное нашему наблюденію, распредѣляетъ свои блага, безъ которыхъ мы не можемъ жить, съ постоянствомъ, также превышающимъ наше воображеніе. Неизбѣжно долженъ возникнуть вопросъ, не должна-

ли ослабѣть лучистая энергія вседержителя-солнца. Опыты не даютъ намъ на этотъ счетъ никакихъ несомнѣнныхъ указаній. Среднія температуры, измѣряемыя въ теченіе почти столѣтія на всемъ земномъ шарѣ, не измѣнились за это время на сколько нибудь замѣтную часть одного градуса стоградусной шкалы. Общія колебанія климата, которыя, по мнѣнію Брикнера (см. выше), будто бы замѣчаются, еще не провѣрены за достаточно большой промежутокъ времени, чтобы на основаніи ихъ можно было строить какія либо заключенія объ измѣненіяхъ солнечной температуры. Если бы даже и было замѣчено непостоянство солнечной теплоты на землѣ, то во всякомъ случаѣ возникъ бы вопросъ, не имѣемъ ли мы дѣло здѣсь съ періодическими явленіями, подобными явленіямъ солнечныхъ пятенъ, т. е. за ослабленіемъ теплоты не слѣдуетъ ли всегда такое же точно увеличеніе ея. Кромѣ того, причины могутъ быть чисто земными, какъ, напр., нужно допустить для наблюдаемаго въ настоящее время отступанія альпійскихъ ледниковъ. Климатъ даже большого пространства на землѣ представляетъ такую же сложную функцію, какъ погода.

Въ каменныхъ надписяхъ нашей земной коры, позволяющихъ намъ заглянуть въ далекое прошлое нашей планеты, казалось, были найдены достовѣрныя указанія на постепенное охлажденіе земной поверхности. Въ слояхъ, принадлежащихъ высокимъ широтамъ, были найдены остатки тропической растительности, а чѣмъ ближе отъ этихъ слоевъ къ земной поверхности, тѣмъ болѣе находимые остатки становятся похожими на тѣ организмы, которые въ настоящее время живутъ въ данныхъ мѣстностяхъ. Правда, нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ эти выводы были очень поколеблены тѣмъ открытіемъ, что, поднимаясь еще выше, натолкнулись на слѣды ледниковаго періода въ мѣстахъ, гдѣ въ настоящее время преобладаетъ сравнительно высокая температура. Ясно, что повышеніе температуры наступило впослѣдствіи. Въ настоящее время даже доказано, что было много такихъ ледниковыхъ эпохъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга болѣе теплыми періодами. Подобныя геологическія колебанія климатовъ удалось прослѣдить до каменноугольнаго періода, несомнѣнно отдѣленнаго отъ насъ милліонами лѣтъ, когда земная суша была одѣта исполинскими папоротниками, какіе уже давно исчезли даже изъ подъ нашихъ тропиковъ. Въ виду этого при настоящемъ состояніи нашей еще очень молодой геологической науки нельзя указать, на основаніи имѣющихся находокъ, измѣнялось ли съ теченіемъ времени климатическое состояніе всей земли. Какъ мы узнаемъ позднѣе, возможно даже, что въ теченіе цѣлаго ряда геологическихъ эпохъ происходили только перемѣщенія климатическихъ поясовъ земного шара, вслѣдствіе измѣненія ея положенія относительно солнца. Правда, строеніе гранитнаго панцыря земли, въ которомъ нѣтъ никакихъ органическихъ остатковъ и который занимаетъ самое глубокое мѣсто среди всѣхъ горныхъ породъ, свидѣтельствуетъ, что поверхность нашей планеты нѣкогда, вѣроятно, была такъ горяча, что этотъ гранитъ находился въ огненножидкомъ состояніи. Но очевидно, въ это время сама земля обладала такою степенью жара. Такимъ образомъ, если бы даже удалось доказать постепенное пониженіе температуры, помимо колебаній ледниковаго періода, то съ одинаковымъ основаніемъ причину этого явленія можно искать какъ въ медленномъ охлажденіи земли, такъ и въ охлажденіи солнца. Итакъ, геологія, вопреки прежнимъ ожиданіямъ, не даетъ никакихъ достовѣрныхъ заключеній относительно измѣненій солнечной температуры.

Все же можно сказать съ увѣренностью, что вслѣдствіе громаднаго расходованія солнечной энергіи, о которомъ въ началѣ главы мы пытались составить представленіе, запасъ тепла, содержащійся въ солнцѣ въ данный моментъ, долженъ былъ бы очень скоро истощиться, если бы онъ не по-

полнялся съ той или другой стороны. Мы хотя приблизительно могли опредѣлить, какое количество тепла получаетъ отъ солнца одна земля, а затѣмъ и какое количество солнце постоянно излучаетъ во все мiровое пространство (см. стр. 277). Изъ этихъ данныхъ вытекаетъ, что температура всего солнечнаго тѣла ежегодно должна бы уменьшаться по крайней мѣрѣ на 3 градуса, если бы тепло расходовалось постоянно изъ одного и того же запаса тепла, разъ сообщеннаго солнцу. Однако, это совершенно противорѣчитъ наблюдаемымъ фактамъ. Если затѣмъ допустить, что жаръ можетъ поддерживаться на довольно значительной высотѣ, благодаря сгоранiю запаса горючаго матерiала до полнаго его израсходованiя, то мы найдемъ, что даже запаса каменнаго угля, равнаго по величинѣ солнцу, хватило бы только на 25000 лѣтъ для того, чтобы выполнить работу этой гигантской машины, находящейся въ центрѣ нашей мiровой системы. Но нѣтъ никакого сомнѣнiя, что солнце существуетъ неизмѣримо дольше и не ослабѣвая распредѣляетъ свои блага.

Итакъ, несомнѣнно, что трата должна восполняться. Гдѣ же искать этого восполненiя? Ньютонъ, занимавшiйся уже этимъ вопросомъ, полагалъ, что солнечный огонь поддерживается паденiемъ кометъ на солнце. Въ главѣ о кометахъ мы уже выяснили, что случаи гибели блуждающей кометы въ этомъ центральномъ очагѣ могутъ происходить нерѣдко, хотя мы еще не наблюдали подобныхъ явленiй. Но вмѣстѣ съ тѣмъ мы узнали, что кометная масса слишкомъ мала, чтобы кометы могли служить для покрытiя траты солнечной энергiи, даже еслибы всѣ появляющiяся кометы падали на солнце и состояли изъ самыхъ горючихъ матерiаловъ. Позднѣе Робертъ Майеръ, установившiй законъ сохраненiя энергiи, нѣсколько измѣнилъ этотъ взглядъ Ньютона. Возмѣщенiе энергiи онъ объясняетъ не горѣнiемъ падающихъ на солнце тѣлъ, а выдѣленiемъ тепла вслѣдствiе удара. Мы уже видѣли, какiя громадныя скорости прiобрѣтаютъ кометы вблизи солнца. Если эта энергiя движенiя уничтожится при погруженiи кометныхъ массъ въ солнце, то вмѣсто нея должна появиться другая энергiя: атомы солнечнаго тѣла, тепловыя колебанiя которыхъ ослабѣваютъ, начинаютъ при этомъ опять колебаться сильнѣе, и снова излучаютъ болѣе теплоты и свѣта.

Этотъ источникъ восполненiя надо считать гораздо болѣе значительнымъ, чѣмъ процессъ горѣнiя, такъ какъ сюда же можно отнести паденiе многочисленныхъ метеоритовъ, которые такъ же точно должны падать въ атмосферу солнца, какъ и въ нашу, даже тамъ еще съ энергiей, большею въ 28 разъ. Несомнѣнно, такимъ способомъ возмѣщается значительная часть солнечной энергiи, но это не главный ея источникъ. На это было высказано возраженiе, и опять таки съ теоретической стороны, со стороны разсчета. Было указано, что при такомъ условiи величина солнца должна слишкомъ увеличиться. Если бы этого нельзя было скоро замѣтить по поперечнику солнца, то легко было бы обнаружить на силѣ тяготѣнiя, помощью которой солнце управляетъ движенiями всей системы. Движенiя эти давно измѣряются со всей точностью. Сила притяженiя каждаго тѣла прямо пропорцiональна его массѣ. Если бы масса солнца значительно увеличивалась, какъ это неизбѣжно происходило бы, если бы трата солнечной теплоты пополнялась исключительно однимъ только паденiемъ метеоритовъ, то скорость, съ какою движутся всѣ планеты вокругъ центра системы, должна бы увеличиваться, и при томъ на такiя величины, которыя лежатъ вполнѣ въ предѣлахъ, доступныхъ наблюденiю. Слѣдовательно, надо искать другой источникъ пополненiя потери. Его нашелъ генiальный Гельмгольцъ въ самомъ солнцѣ.

Давленiе вышележащихъ массъ, медленное сжатiе исполинскаго газоваго шара представляютъ необычайно богатый источ-

никъ теплоты. Дѣйствіе его мы можемъ очень ясно замѣтить на нашей землѣ. Повышеніе температуры, которое мы наблюдаемъ въ рудникахъ, по мѣрѣ углубленія въ кору нашей планеты, прежде всего есть результатъ давленія верхнихъ слоевъ горныхъ породъ, а не приближенія къ центральному огню земного ядра, какъ предполагали раньше. Мы находимъ такое же повышеніе температуры горныхъ породъ, когда проникаемъ въ горы горизонтально: при постройкѣ С. Готардскаго туннеля можно было изъ температуры довольно точно опредѣлить толщу вышележащихъ каменныхъ породъ; температура поднималась выше 30⁰ Ц. Гельмгольцъ доказалъ, что если масса воды, равная по размѣрамъ солнцу, подъ вліяніемъ собственной тяжести уменьшится въ объемѣ всего на одну 10,000-ную часть своей величины, то этого достаточно, чтобы повысить ея температуру на 2860⁰ Ц. Выдѣлившееся тепло покрыло бы потерю солнечной теплоты за цѣлое тысячелѣтіе. Такое уменьшеніе поперечника на 0,2″ въ тысячелѣтіе незамѣтно для нашего наблюденія, и, слѣдовательно, не противорѣчитъ нисколько тому факту, что солнце до сихъ поръ сохраняетъ для нашихъ лучшихъ измѣреній неизмѣнные размѣры. Но какъ показываютъ всѣ свѣдѣнія, какія мы имѣемъ о солнцѣ, принятіе водяного шара въ этомъ разсчетѣ даетъ намъ самый низкій предѣлъ, такъ что въ дѣйствительности, вѣроятно, достаточно гораздо меньшаго сжатія солнечнаго шара, чтобы поддержать неизмѣнной его настоящую температуру въ теченіе неизмѣримо долгаго времени.

Неизмѣнность солнечной температуры, по крайней мѣрѣ, въ доступныхъ намъ предѣлахъ, предполагаетъ зависимость между излученіемъ и сжатіемъ. Риттеръ въ Ганноверѣ доказалъ, что, дѣйствительно, при такихъ допущеніяхъ должна происходить извѣстная пульсація въ солнечной дѣятельности, такъ что за періодомъ сжатія, т. е. за увеличеніемъ нагрѣванія должна слѣдовать реакція, когда потеря теплоты больше прибыли. Съ этимъ связаны далѣе движенія матеріи изнутри кнаружи и обратно. Эта пульсація, быть можетъ, и проявляется въ одиннадцатилѣтнемъ періодѣ солнечныхъ пятенъ; ею также могутъ объясняться тѣ явленія, о которыхъ мы говорили на стр. 295. По крайней мѣрѣ всѣ остальныя попытки объяснить періодичность пятенъ наталкиваются на трудности, въ особенности указаніе на связь ихъ съ временемъ обращенія планетъ, которыя будто бы своимъ притяженіемъ вызываютъ теченія въ солнечной атмосферѣ.

Если мы въ самыхъ краткихъ чертахъ резюмируемъ то, что можно сказать о солнцѣ съ достовѣрностью или большой вѣроятностью, то получимъ слѣдующее: солнце есть раскаленный газовый шаръ, за исключеніемъ, быть можетъ, только небольшого ядра. Плотность этого шара довольно равномѣрно уменьшается въ сторону міроваго пространства. Газы солнца большей частью металлическаго характера, и по химической природѣ не отличаются существенно отъ веществъ, составляющихъ нашу землю. Процессъ охлажденія уравновѣшивается сжиманіемъ всего солнца. Въ солнечномъ тѣлѣ совершаются болѣе или менѣе правильные круговороты, которые такъ же точно, какъ это мы наблюдаемъ въ нашей земной атмосферѣ, производятъ химическимъ (Брестеръ) или физическимъ (Фай, Шейнеръ) путемъ вихревые процессы солнечныхъ пятенъ и связанныя съ ними явленія: сгущеніе, образованіе облаковъ и т. п.

Съ такимъ далеко не богатымъ запасомъ знаній о нашемъ центральномъ свѣтилѣ должны мы теперь вступить въ громадное царство солнцъ, находящихся внѣ нашего планетнаго міра.

Б. Міръ неподвижныхъ звѣздъ.

---

14. Общій обзоръ.

До сихъ поръ изъ большого числа свѣтилъ на небесномъ сводѣ мы выбирали только тѣ, которыя всего болѣе обращали наше вниманіе своею яркостью или движеніемъ. Только рой малыхъ планетъ и мимолетныя явленія кометъ и метеоровъ мы разсматривали въ общей сложности, отдѣльные же случаи брали только, какъ наиболѣе типичные. Обращаясь теперь къ громадной области неподвижныхъ звѣздъ, число которыхъ выражается милліонами, мы по неволѣ будемъ исключительно пользоваться послѣднимъ пріемомъ. Поэтому прежде всего надо отыскать систему, которая помогла бы намъ оріентироваться въ этой безконечной области. Какъ же намъ правильнѣе поступить здѣсь? Какъ обозначить звѣзды, чтобы отличать ихъ другъ отъ друга?

Мы скоро увидимъ, что, какъ показываютъ современные опыты, наиболѣе яркія звѣзды не всегда самыя интересныя. Только недостаточность нашихъ знаній останавливаетъ прежде всего на нихъ наше вниманіе. Немыслимо придумывать тысячи названій для отдѣльнаго обозначенія всѣхъ изслѣдованныхъ до сихъ поръ звѣздъ. Поэтому уже давно отдѣльнымъ звѣздамъ даны были имена, а нѣкоторыя болѣе или менѣе замѣтныя группы ихъ соединены въ созвѣздія. Оставалось обозначить также и меньшія звѣзды, находящіяся въ этихъ созвѣздіяхъ. Для этого выбраны были буквы греческаго алфавита. Но такъ какъ и его скоро не хватило, то пришлось обратиться къ числамъ, а для нихъ уже нѣтъ предѣла. Всѣ яркія звѣзды получили названія почти отъ всѣхъ народовъ и часто эти названія переходили отъ одного народа къ другому, такъ что теперь на небѣ царствуетъ поистинѣ вавилонское смѣшеніе языковъ. Больше всего византійскихъ и арабскихъ названій; но есть также греческія и римскія. Созвѣздія получили названія по самымъ разнообразнымъ поводамъ. Повидимому, въ первое время эти названія давались соотвѣтственно потребностямъ земледѣльца, который распредѣлялъ свои полевыя работы въ связи съ возвращеніемъ извѣстныхъ свѣтилъ въ ихъ годичномъ движеніи. Для него небо нѣкогда было единственнымъ календаремъ, которымъ онъ руководился. Позднѣе примѣшались сюда мотивы тщеславія и честолюбія. Гдѣ только можно было найти видимый промежутокъ съ крошечными звѣздами между большими, уже давно извѣстными звѣздными группами, тамъ вставляли новое созвѣздіе; такъ появился на небѣ, напр., бранденбургскій скипетръ, которому этимъ была оказана по правдѣ сказать сомнительная честь. Попытки переименовать большія давно извѣстныя созвѣздія обыкновенно не удавались, какъ, напр., попытка посвятить чудное созвѣздіе Оріона Наполеону первому.

Въ нашу задачу не можетъ входить описаніе положенія и формы отдѣльныхъ созвѣздій. Такимъ способомъ нельзя узнать неба, если не изучать его самому ночью, съ картою въ рукахъ. Эта книга не можетъ ставить себѣ задачи — служить руководствомъ подобнаго рода. Для нахожде-

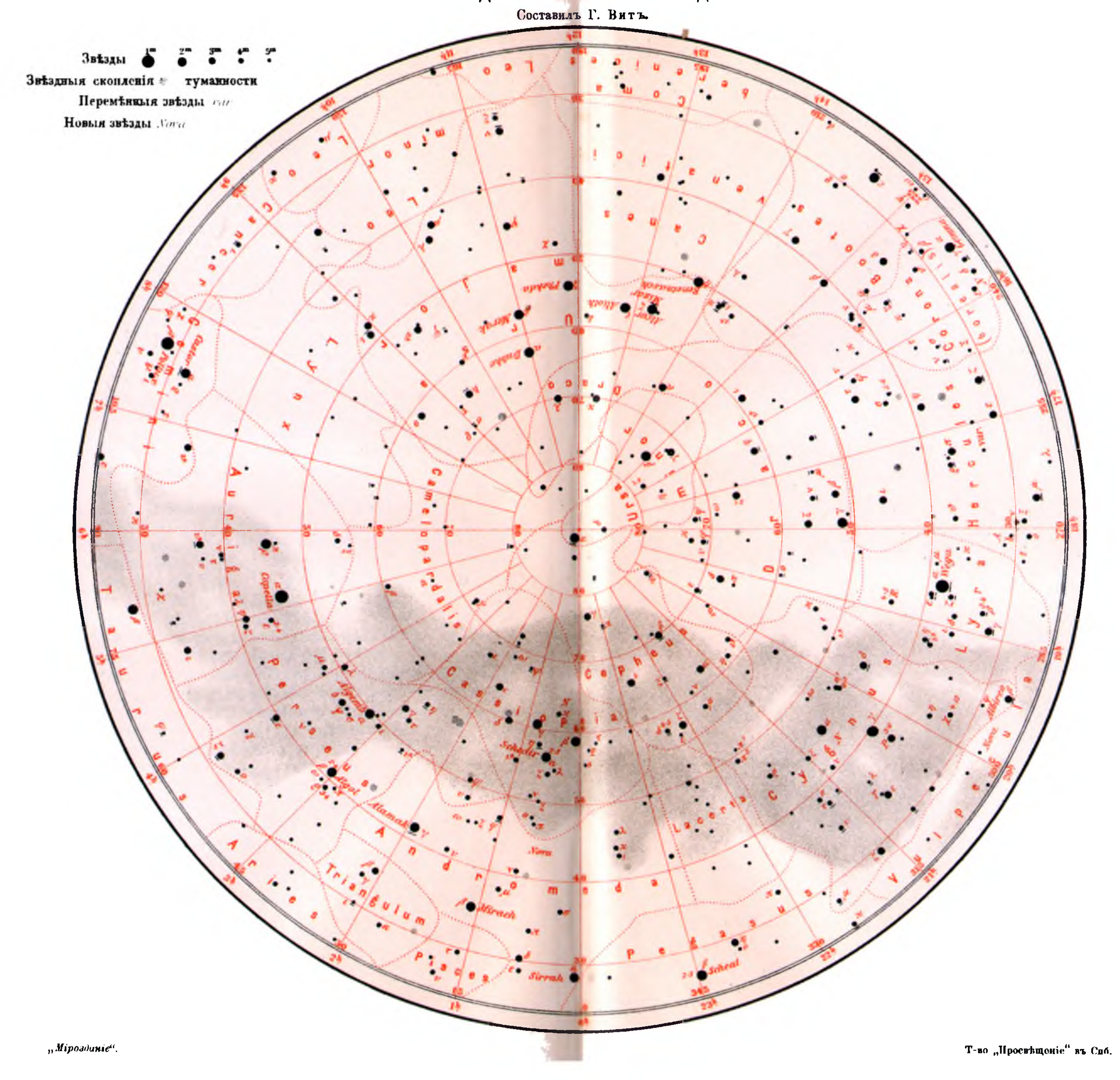
нія какой либо звѣзды астрономъ давно уже не прибѣгаетъ къ грубому распредѣленію звѣздъ по созвѣздіямъ. Съ тѣхъ поръ какъ онъ подъ обширными сводами своихъ обсерваторій работаетъ съ инструментами, которые онъ можетъ направить на опредѣленное мѣсто неба, не имѣя надобности даже на мгновеніе видѣть небо, ему не зачѣмъ знать созвѣздій. Онъ уже давно привыкъ примѣнять для своихъ цѣлей тотъ методъ, нагляднымъ выраженіемъ котораго является дѣленіе нашего земного шара на извѣстныя координаты географической широты и долготы. Полюсъ и экваторъ земли, вслѣдствіе ежедневнаго вращенія ея, проэктируются и на небѣ. Географическая система координатъ такимъ образомъ сама собой перемѣщается на звѣздный сводъ: то, что на землѣ мы называемъ широтою, на небѣ называется склоненіемъ. Какъ и широта, склоненіе дѣлится, начиная отъ небеснаго экватора къ полюсамъ на 90 градусовъ; на сѣверномъ полушаріи оно обозначается положительнымъ знакомъ, южное же склоненіе — отрицательнымъ. Другая координата, которая на землѣ отсчитывается въ видѣ географической долготы отъ различныхъ нулевыхъ точекъ къ западу и къ востоку вокругъ земного глобуса, является на небѣ въ видѣ прямого восхожденія. Однако здѣсь, гдѣ національное соревнованіе не играло роли, отсчитываютъ вокругъ неба 360 градусовъ только въ одномъ направленіи, отъ опредѣленной точки экватора, такъ называемой точки весенняго равноденствія, которую всегда можно точно опредѣлить на небѣ.

Это дѣленіе видно на прилагаемыхъ нами звѣздныхъ картахъ, которыми и можно пользоваться во всѣхъ послѣдующихъ случаяхъ, когда требуется отыскать положеніе тѣхъ или иныхъ объектовъ. Данными прямого восхожденія и склоненія мѣсто свѣтила опредѣляется съ такой же точностью, какъ мѣсто любого города на землѣ при помощи географической долготы и широты. По этимъ даннымъ его можно тотчасъ же найти на всякой картѣ. Хотя эта система гораздо практичнѣе, чѣмъ система названій, однако, надо сознаться, что она мало говоритъ нашему уму. Если, напр., рѣчь идетъ о городѣ, лежащемъ подъ $+ 37^0\ 58'$ широты и $23^0\ 44'$ восточной долготы отъ Гринвича, то не сразу можно догадаться, что это Аѳины. За то если мѣстность совершенно неизвѣстна, то выгоднѣе вмѣсто ея названія употреблять географическія координаты. Такъ и поступаютъ по отношенію къ небу: при большихъ звѣздахъ, положеніе которыхъ можно предполагать извѣстнымъ, приводятъ большей частью ихъ имена или обозначаютъ ихъ созвѣздіемъ и соотвѣтственными греческими буквами; но съ тѣхъ поръ какъ съ усовершенствованіемъ нашихъ оптическихъ инструментовъ звѣздное богатство необычайно разрослось, этотъ способъ обозначенія перестаетъ примѣняться: малыя звѣзды характеризуются исключительно прямымъ восхожденіемъ и склоненіемъ, или же номеромъ, подъ какимъ данная звѣзда находится въ звѣздномъ каталогѣ.

Нахожденіе звѣзды облегчается затѣмъ обозначеніемъ ея яркости. Это уже элементъ, который имѣетъ вмѣстѣ съ тѣмъ физическое значеніе, ибо яркость звѣзды характеризуетъ или дѣйствительную силу ея свѣта, или разстояніе звѣзды отъ насъ. Изъ опредѣленія яркости звѣзды мы можемъ вывести то или другое, когда извѣстно которое нибудь одно изъ этихъ данныхъ. Раздѣленіе звѣздъ по степенямъ яркости, или по такъ называемымъ звѣзднымъ классамъ представляетъ важную задачу наблюдательнаго искусства. Къ сожалѣнію, она обратила на себя серьезное вниманіе только въ недавнее время, когда стали располагать надежными инструментами для измѣренія свѣта. До тѣхъ поръ приходилось довольствоваться простой оцѣнкой при наблюденіи въ телескопъ; впрочемъ, нѣкоторые астрономы, напр., Аргеландеръ въ Боннѣ, достигали изумительной точности, какъ впослѣдствіи показало сравненіе съ фотометрическими опредѣленіями. Звѣзды, еще различаемыя просто глазомъ, согласились

КАРТА СѢВЕРНАГО ЗВѢЗДНАГО НЕБА ОТЪ 25° ДО 90° СѢВ. СКЛОНЕНІЯ.

Составилъ Г. Витъ.

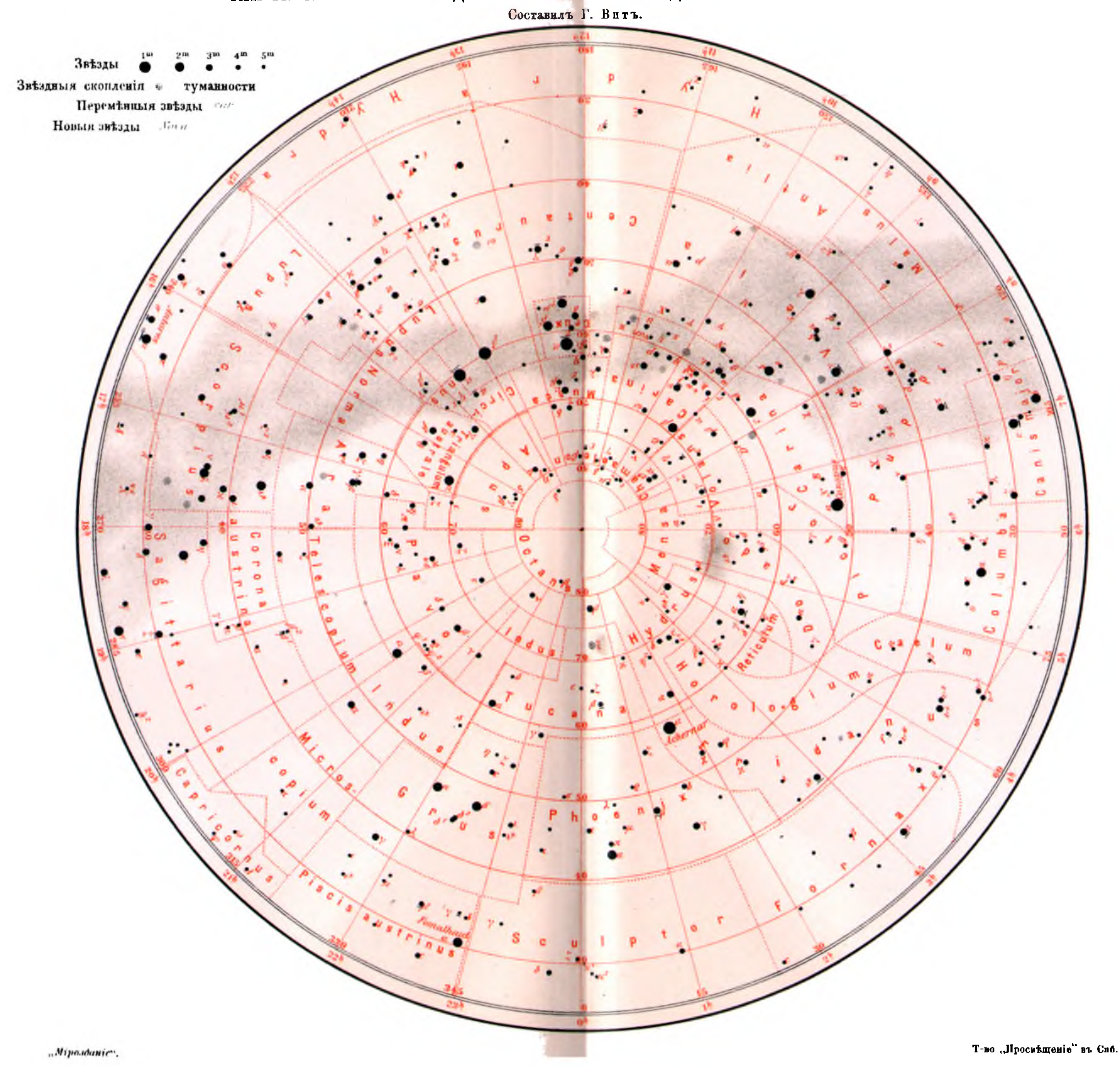


„Мірозданіе“.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

КАРТА ЮЖНАГО ЗВѢЗДНАГО НЕБА ОТЪ 25° ДО 90° ЮЖН. СКЛОНЕНІЯ.

Составилъ Г. Витъ.

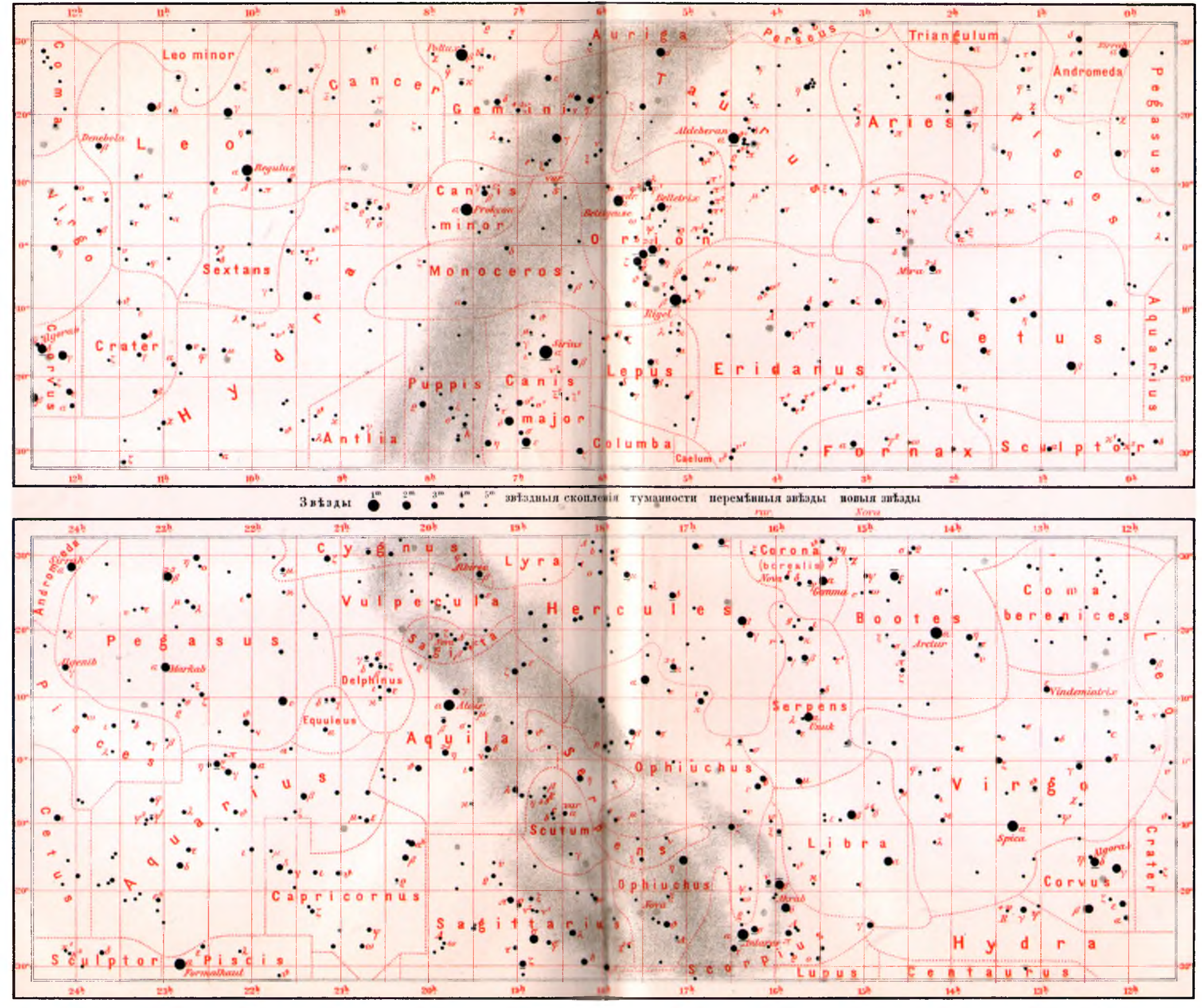


„Міроздание".

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

КАРТА ЭКВАТОРІАЛЬНОЙ ЗОНЫ ЗВѢЗДНАГО НЕБА МЕЖДУ 32° СѢВ. И ЮЖН. СКЛОНЕНІЯ.

Составилъ Г. Витъ.



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

раздѣлить на шесть классовъ по величинѣ, при чемъ слабѣйшія звѣзды принадлежатъ шестому классу; различаются еще подклассы, такъ, напр., говорятъ о звѣздахъ между третьей и четвертой величиной.

Таблица яркости всѣхъ звѣздъ первой и второй величины.

Звѣзды первой величины	Яркость	Звѣзды второй величины	Яркость	Звѣзды второй величины	Яркость
Sirius	4,28	β Crucis	0,34	γ Geminorum	0,17
Canopus	2,72	Deneb	0,31	λ Argus	0,16
α Centauri	1,33	α Gruis	0,31	δ Canis majoris	0,16
Wega	1,00	ε Canis majoris	0,31	α Andromedae	0,16
Rigel	1,00	γ Crucis	0,29	ζ Ursae majoris	0,15
Capella	0,82	Pollux	0,29	α Ophiuchi	0,14
Arcturus	0,79	λ Scorpii	0,26	β Leonis	0,14
Procyon	0,70	Castor	0,26	α Ursae majoris	0,14
α Eridani	0,59	γ Orionis	0,26	γ Cassiopejae	0,14
β Centauri	0,53	β Tauri	0,23	α Coronae bor.	0,13
α Crucis	0,52	ζ Orionis	0,22	δ Orionis	0,13
Atair	0,49	β Argus	0,22	α Ursae minoris	0,13
Spica	0,48	γ Argus	0,22	β Ursae majoris	0,12
Fomalhaut	0,34	ε Ursae majoris	0,21	β Ceti	0,11
Regulus	0,33	η Ursae majoris	0,21	α Arietis	0,11
Aldebaran	0,30	ε Argus	0,20	γ Andromedae	0,11
Antares	0,29	ε Orionis	0,19	γ Ursae majoris	0,11
		α Trianguli	0,19	γ Leonis	0,10
		ε Sagittarii	0,19	α Hydrae	0,10
		ϑ Scorpii	0,18	β Cassiopejae	0,10
		α Pavonis	0,18	β Andromedae	0,10
		β Aurigae	0,18	β Ursae minoris	0,09
		α Persei	0,17	α Pegasi	0,09
		β Gruis	0,17	δ Leonis	0,09
		σ Sagittarii	0,17	β Librae	0,08
		δ Argus	0,17		

Здѣсь нужно только напомнить, что всѣ неподвижныя звѣзды, даже въ самые большіе телескопы, кажутся безъ поперечника, поэтому звѣздные классы ничего не говорятъ намъ о видимой величинѣ этихъ небесныхъ свѣтилъ, но относятся исключительно къ видимой ихъ яркости. При разсматриваніи звѣзднаго неба въ телескопъ, подобная послѣдовательность продолжается гораздо дальше, такъ что можно доходить до 16 величины. Понятно, здѣсь нельзя поставить какихъ либо предѣловъ, такъ какъ сила телескоповъ постоянно возрастаетъ, а съ другой стороны при дальнѣйшемъ напряженіи нашей зрительной способности оцѣнка становится очень неточной.

До какого звѣзднаго класса можетъ проникнуть телескопъ, это зависитъ только отъ величины отверстія, т. е. объектива, какъ это мы говорили уже въ главѣ о зрительныхъ астрономическихъ инструментахъ. Здѣсь все зависитъ отъ того, какое количество свѣта попадаетъ въ глазъ, такъ какъ увеличенія предмета не происходитъ. Найдено, что отношеніе между количествомъ свѣта двухъ сосѣднихъ классовъ выражается числомъ $2^1/_2$. Если представить эту яркость бѣлыми кружками, то поперечники кружковъ должны уменьшаться въ отношеніи квадратнаго корня отъ 2,5 для каждаго слѣдующаго класса. Штейнгейль, основываясь на общепринятомъ отношеніи блеска двухъ смежныхъ классовъ, получилъ вычисленіемъ слѣ-

дующія числа для радіусовъ кружковъ первыхъ шести классовъ: 1,00, 0,60, 0,35, 0,21, 0,12, 0,07. Если звѣзды четвертой величины, которыя для невооруженнаго глаза являются еще замѣтными объектами, обозначить на звѣздной картѣ кружкамъ въ 1 мм., то звѣзды первой величины пришлось бы обозначить уже кружкомъ въ 5 мм., онѣ казались бы уродливо большими, тогда какъ звѣзды ниже четвертой величины едва были бы замѣтны. Поэтому при приготовленіи звѣздныхъ картъ приходится отказаться отъ правильной передачи свѣтовыхъ отношеній звѣздъ.

Понятно, въ предѣлахъ звѣздныхъ классовъ существуютъ еще дальнѣйшія градаціи. Такъ, въ звѣздахъ перваго класса оказался пробѣлъ, когда пришлось избрать какую нибудь нормальную звѣзду. Нормальной звѣздой выбрана была самая яркая звѣзда сѣвернаго полушарія, Вега, главная звѣзда созвѣздія Лиры, называемая также α Lyrae. На южномъ полушаріи есть три звѣзды, которыя превосходятъ блескомъ Вегу; между ними Сиріусъ (α Canis majoris) самая яркая, его свѣтъ въ четыре слишкомъ раза сильнѣе свѣта Веги. Двѣ другія самыхъ яркихъ звѣзды южнаго неба, Канопъ и α Центавра, невидимы въ нашихъ широтахъ. Въ таблицѣ на стр. 317 мы даемъ всѣ звѣзды первой и второй величины съ указаніемъ яркости, опредѣленной фотометрически отчасти Зейделемъ въ Мюнхенѣ, отчасти Джономъ Гершелемъ на мысѣ Доброй Надежды. Звѣзды расположены въ таблицу по яркости.

Въ этомъ перечнѣ 17 звѣздъ первой и 51 звѣзда второй величины. Не во всѣхъ астрономическихъ работахъ можно найти полное соотвѣтствіе для этихъ чиселъ, а еще меньше соотвѣтствія для чиселъ слѣдующихъ звѣздныхъ классовъ, такъ какъ разграниченіе ихъ основывается на условномъ соглашеніи. Но мы видимъ, что число звѣздъ значительно возрастаетъ съ уменьшеніемъ ихъ яркости. По Хузо (Houzeau) для всего небеснаго свода получаются слѣдующія числа до шестого звѣзднаго класса включительно:

1 величины	20 звѣздъ	4 величины	595 звѣздъ
2	51	5	1213
3	200	6	3640

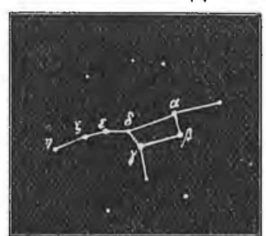
Общая сумма равна 5719 звѣздамъ, которыя могутъ быть видимы на небѣ обоихъ полушарій просто глазомъ. Сначала столь малое число поражаетъ, такъ какъ мы издавна свыклись съ мыслью что „звѣздамъ числа нѣтъ", и ихъ безчисленность вошла даже въ поговорку. Но въ дѣйствительности при среднемъ зрѣніи можно видѣть не болѣе 2000 звѣздъ, именно потому, что атмосфера на горизонтѣ затемняетъ многія болѣе слабыя звѣзды. Поэтому гораздо величественнѣе представляется намъ царство свѣтлыхъ міровъ, наполняющихъ небо, тогда, когда мы поднимаемся на высокія горы. Тамъ лучи, идущіе къ намъ изъ безконечности, должны проходить гораздо меньшій путь черезъ свѣтопоглощающій воздухъ. Мюллеръ, потсдамскій астрофизикъ, нѣсколько лѣтъ тому назадъ произвелъ фотометрическія опредѣленія на вершинѣ горы Сентисъ (на склонѣ вулкана Этны), имѣющей 2500 м. высоты, и нашелъ, что тамъ звѣзды даже въ зенитѣ кажутся ярче, чѣмъ съ равнины, на 0,1—0,2 звѣзднаго класса, на горизонтѣ же на 0,5—0,7. Если принять въ разсчетъ быстрое увеличеніе количества звѣздъ съ уменьшеніемъ ихъ яркости, то можно сказать, что на этой высотѣ невооруженный глазъ видитъ, по крайней мѣрѣ, вдвое больше звѣздъ, чѣмъ на днѣ нашего воздушнаго океана, къ сожалѣнію, не особенно прозрачнаго.

Выше шестой величины числовыя данныя дѣлаются менѣе и менѣе точными, потому что южное небо все еще не изслѣдовано съ такой же тщательностью, какъ часть небеснаго свода, доступная нашимъ широтамъ. Чтобы сдѣлать нагляднымъ возростаніе количества звѣздъ съ уменьше-

ніемъ яркости, мы здѣсь приводимъ, по Аргеландеру, количество звѣздъ только сѣвернаго полушарія до девятой величины.

1,0—1,9 величины.	10 звѣздъ	5,0—5,9 величины	1 001 звѣздъ
2,0—2,9	37 „	6,0—6,9 „	4 386 „
3,0—3,9 „	130 „	7,0—7,9 „	13 823 „
4,0—4,9 „	312 „	8,0—8,9 „	58 095 „

Аргеландеръ внесъ въ каталоги также большую часть звѣздъ до 9,5 величины; но число послѣднихъ еще далеко не полно. Ихъ насчитывается 237,131, кромѣ вышеприведенныхъ. Всего же перечень боннскаго астронома содержитъ такимъ образомъ 314,925 звѣздъ, включительно до 9,5 величины, т. е. приблизительно $^1/_3$ милліона. Звѣзды до этой послѣдней величины вполнѣ хорошо видны въ телескопъ съ отверстіемъ около 100 мм. По современнымъ условіямъ это очень небольшіе телескопы. Если же поставить себѣ задачу произвести сколько нибудь точный счетъ звѣздамъ. которыя въ настоящее время видны въ наши гигантскіе телескопы, то ея выполненіе далеко превзошло бы человѣческія силы. Не боясь впасть въ преувеличеніе, можно положить, что число ихъ равняется 30—50 милліонамъ.

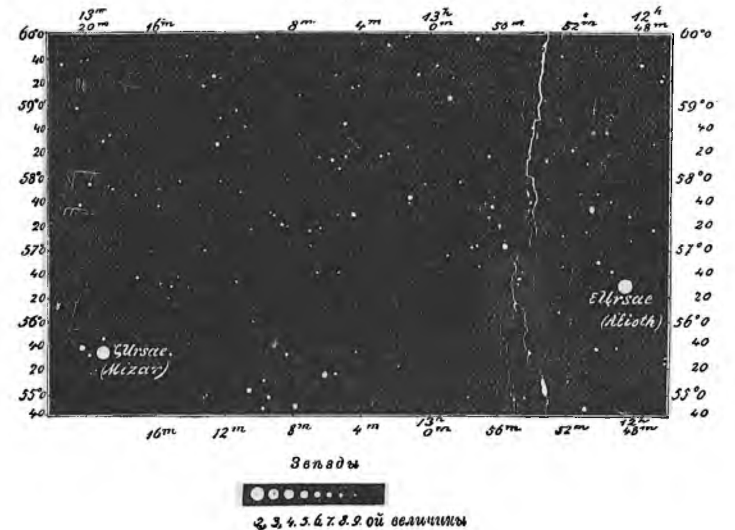


Маленькая карта, показывающая положеніе звѣздъ ζ и ε Ursae Majoris, какъ оно представляется невооруженному глазу. См. стр. 320.

Уже болѣе 2000 лѣтъ астрономы стараются внести въ каталоги эту массу звѣздъ, т.-е. опредѣлить мѣсто каждаго отдѣльнаго члена этой обширной семьи, какое онъ занималъ въ извѣстное время, относительно какой нибудь опредѣленной точки неба. Другими словами, требовалось измѣрить прямое восхожденіе и склоненіе звѣздъ. Какъ это производится, мы узнаемъ позднѣе; но понятно безъ лишнихъ словъ, что эта работа не изъ легкихъ. Гиппархъ, производившій наблюденія въ 150 г. до Р. Х. на островѣ Родосѣ, а также въ Александріи, впервые предпринялъ систематическое изслѣдованіе неба и, пользуясь простыми угловыми инструментами для измѣренія направленій, опредѣлилъ свыше тысячи звѣздныхъ положеній. Этотъ перечень былъ впослѣдствіи опубликованъ Птоломеемъ въ его знаменитомъ Альмагестѣ. Онъ заключаетъ важныя данныя для нашихъ выводовъ о движеніяхъ, какія совершили за послѣднія 2000 лѣтъ эти свѣтила, неправильно названныя неподвижными звѣздами. Несмотря на примитивныя средства наблюденія того времени, эти старыя данныя оказываются изумительно точными. Отъ александрійцевъ интересъ къ астрономіи перешелъ къ арабамъ: Улугъ-Бегъ произвелъ наблюденія въ Самаркандѣ въ срединѣ 15 столѣтія еще разъ надъ всѣми звѣздами Альмагеста, оставивъ намъ, такимъ образомъ, цѣнныя промежуточныя наблюденія для нашихъ изслѣдованій надъ собственнымъ движеніемъ звѣздъ.

Но только послѣ изобрѣтенія телескопа и необычайно быстраго вслѣдъ за тѣмъ усовершенствованія астрономическихъ измѣрительныхъ методовъ, явилась возможность значительно превзойти работу Гиппарха какъ по размѣрамъ, такъ и по точности данныхъ. Прежде всего мы вновь встрѣчаемся здѣсь со знаменитымъ Гевелемъ, составившимъ каталогъ въ 1564 звѣздъ. Послѣ него слѣдуютъ все болѣе богатые перечни, которые завершаются работами отдѣльныхъ наблюдателей, „Зонами“ Бесселя, содержащими уже 62,000 звѣздъ, и колоссальной работой Аргеландера. Скоро стало очевиднымъ, что, при самой изумительной выдержкѣ, жизни одного человѣка уже недостаточна для того, чтобы овладѣть все возростающимъ звѣзднымъ богатствомъ. Поэтому составился международный союзъ, Астрономическое Общество, которое поставило себѣ главнѣйшей задачей изготовленіе обширной росписи звѣздъ. Зонный каталогъ Астрономическаго Общества, надъ которымъ работаютъ уже нѣсколько десятилѣтій выдающіяся

обсерваторіи всѣхъ цивилизованныхъ націй, будетъ фундаментальнымъ трудомъ для всѣхъ временъ. Чтобы дать понятіе о богатствѣ этого перечня, мы приводимъ здѣсь маленькую карту, на которой изображена очень небольшая, всѣмъ извѣстная область неба между двумя звѣздами въ хвостѣ Большой Медвѣдицы, ε и ζ. Просто глазомъ видны только эти двѣ звѣзды второй величины; но соотвѣтственная часть каталога Астрономическаго Общества содержитъ на томъ же самомъ мѣстѣ 120 звѣздъ. Каталогъ этотъ охватываетъ только звѣзды до девятой величины, т. е. не столь много, какъ перечень Аргеландера, но въ немъ достигается возможно большая точность, такъ что положенія указаны съ точностью до нѣсколькихъ десятыхъ долей дуговой секунды. Большой трудъ Аргеландера служилъ только для приблизительно вѣрнаго нанесенія звѣздъ при изготовленіи звѣздной карты очень большого масштаба; ея изданіемъ подъ названіемъ „Атласа звѣзднаго неба“ Аргеландеръ оставилъ по себѣ вѣчный памятникъ,



120 звѣздъ между ζ и ε Ursae majoris, по каталогу Астрономическаго Общества.

Самой полной и колоссальной изъ всѣхъ небесныхъ картъ будетъ фотографическая карта неба, составленіе которой предпринято по рѣшенію международной конференціи, собравшейся весною 1887 г. въ Парижѣ. Въ составленіи ея сотрудничаютъ астрономы всего земного шара. Для каждой области, выдѣленной опредѣленнымъ образомъ, требуется приготовить три фотографическихъ снимка, для каждаго время экспозиціи иное, но точно предписанное. На этой картѣ неба рѣшено нанести звѣзды до 13-й величины, для чего потребуется продолжительность экспозиціи около одного часа. Для большей точности измѣреній, которыя потомъ будутъ сдѣланы на пластинкѣ, производится одновременно рядъ другихъ снимковъ съ болѣе короткой экспозиціей, на которыхъ будутъ запечатлѣны только звѣзды до одиннадцатой величины. Эти снимки составятъ каталогъ въ 3 милліона звѣздъ; точность его, по произведеннымъ уже изслѣдованіямъ, будетъ не ниже точности прямыхъ измѣреній, произведенныхъ „меридіаннымъ кругомъ“. Теперь уже изготовлены тысячи пластинокъ для этой гигантской фотографической работы, и въ Парижѣ давно уже надъ измѣреніемъ ихъ постоянно работаетъ особое бюро. Болѣе, чѣмъ въ какой либо другой области человѣческой дѣятельности, здѣсь, въ изслѣдованіи неба, оправдываются слова, что, вмѣстѣ со своими высокими цѣлями возвышается и самъ человѣкъ. Вмѣсто того, чтобы при видѣ подавляющаго величія небесныхъ міровъ, признать свое безсиліе, потерять отвагу и отказаться отъ работы, онъ одушевляется на новые, еще болѣе изумительные подвиги.

Фотографическое изслѣдованіе неба, однако, никогда не вытѣснитъ непосредственнаго наблюденія глазомъ, какой бы точности ни достигло

измѣреніе снимковъ. Ибо на каждой пластинкѣ необходимо опредѣлить, посредствомъ прямыхъ методовъ, положеніе по крайней мѣрѣ одной звѣзды по отношенію къ начальной точкѣ счета, — къ точкѣ весенняго равноденствія, — чтобы затѣмъ при микроскопическомъ измѣреніи пользоваться этою звѣздою, какъ точкой отправленія. Такихъ основныхъ звѣздъ для фотографической карты неба необходимо до 60.000.

Затѣмъ также нельзя обойтись безъ прямого опредѣленія звѣздныхъ величинъ, такъ какъ яркость звѣздъ по фотографическому опредѣленію оказывается весьма отличной отъ яркости, опредѣляемой оптически, вслѣдствіе различнаго химическаго дѣйствія цвѣтныхъ лучей. Свѣтъ звѣздъ не всегда бѣлъ, хотя въ большинствѣ случаевъ и кажется такимъ на первый взглядъ. Въ дѣйствительности существуютъ звѣзды всевозможныхъ цвѣтовыхъ оттѣнковъ; на небѣ есть свои рубины, гранаты, топазы, изумруды, сапфиры. Но красныя звѣзды замѣтно преобладаютъ: Шьеллерупъ (Schjellerup) издалъ въ 1866 г. списокъ 280 красныхъ звѣздъ до десятой величины. Съ тѣхъ поръ ихъ количество значительно увеличилось, особенно послѣ того какъ былъ примѣненъ спектроскопъ къ изученію неба. Цвѣтъ звѣздъ выступаетъ особенно ясно тогда, когда двѣ звѣзды стоятъ рядомъ, т.-е. на такъ называемыхъ двойныхъ звѣздахъ, съ которыми мы скоро познакомимся ближе. Хотя большая часть ихъ имѣетъ одинаковую окраску, причемъ и здѣсь преобладаетъ бѣлый цвѣтъ, однако очень многія обладаютъ окрасками, представляющими рѣзкій контрастъ, такъ что въ началѣ ихъ объясняли оптическими обманами и субъективными явленіями контраста въ нашемъ глазу, что однако не подтвердилось. В. Струве въ Пулковѣ, занимавшійся главнымъ образомъ изученіемъ двойныхъ звѣздъ, изслѣдовалъ цвѣтъ 596 такихъ звѣздныхъ паръ и нашелъ, что 375 изъ нихъ имѣли одинаковыя окраски, 101—сходныя и 120—совершенно разныя. Изъ 375 одноцвѣтныхъ паръ онъ насчиталъ 295 бѣлыхъ, 27 свѣтло-желтыхъ, 35 желтоватыхъ, 11 желтыхъ, 2 золотисто-желтыхъ и 5 зеленыхъ. Среди звѣздныхъ паръ съ различной окраской 52 имѣли одну звѣзду желтую, другую синюю; въ 52 парахъ наблюдался при желтой звѣздѣ не особенно яркій, но все же замѣтно синеватый спутникъ; наконецъ 16 паръ состояли изъ одной зеленой, другой синей звѣзды. Изъ этого перечисленія также видно, что замѣтно преобладаютъ оттѣнки цвѣтовъ, лежащихъ за краснымъ концемъ спектра. На этомъ обстоятельствѣ мы остановимся еще въ другомъ мѣстѣ.

Изъ наиболѣе яркихъ звѣздъ выдѣляются своимъ краснымъ цвѣтомъ,— что легко замѣтить при внимательномъ наблюденіи,—слѣдующія: Арктуръ, главная звѣзда въ Волопасѣ которую легко найти, если продолжить назадъ линію, проходящую чрезъ двѣ послѣднія звѣзды въ хвостѣ Большой Медвѣдицы; Альдебаранъ, главная звѣзда въ Тельцѣ, Поллуксъ изъ Близнецовъ, Антаресъ въ Скорпіонѣ и особенно Бетейгейзе, самая яркая звѣзда въ прекрасномъ созвѣздіи Оріона, обозначающая лѣвое плечо Оріона; на звѣздѣ α въ созвѣздіи Геркулеса можно также различить красноватую окраску. Раздѣленіе звѣздъ по цвѣтамъ мы подробнѣе разсмотримъ ниже, при знакомствѣ съ ихъ спектроскопическимъ характеромъ.

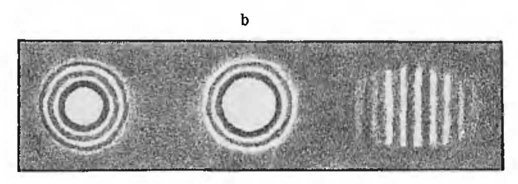
Такъ какъ среди цвѣтныхъ звѣздъ преобладаютъ желтыя и красныя, которыя медленно дѣйствуютъ на фотографическую пластинку, то фотографическая карта неба будетъ заключать довольно значительное число звѣздъ, величина которыхъ не будетъ соотвѣтствовать величинѣ, установленной на основаніи непосредственно полученныхъ данныхъ. Однако, предпочитаютъ не примѣнять здѣсь никакой переводной системы отъ одного способа къ другому, а оставляютъ обѣ звѣздныя величины рядомъ. Тѣмъ болѣе, что пока еще и неизвѣстно, которая изъ воспринимающихъ поверхностей, сѣтчатка или фотографическая пластинка, даетъ намъ наиболѣе вѣрныя свѣдѣнія обо всемъ количествѣ свѣта, достигающаго до насъ отъ этихъ отдаленныхъ міровъ.

За недостаткомъ лучшихъ методовъ, опредѣленіе количества свѣта является единственнымъ способомъ, посредствомъ котораго мы можемъ вывести нѣкоторыя заключенія о распредѣленіи неподвижныхъ звѣздъ въ пространствѣ и объ ихъ сравнительныхъ разстояніяхъ. Правда, мы должны для этого допустить, что всѣ звѣзды, по крайней мѣрѣ, въ среднемъ, свѣтятъ съ одинаковой яркостью и, если онѣ даютъ намъ менѣе свѣта, то только благодаря увеличенію разстоянія. Конечно, для той или другой опредѣленной звѣзды, взятой наудачу изъ всей ихъ массы, мы можемъ сдѣлать большую ошибку, такъ какъ, несомнѣнно, среди неподвижныхъ звѣздъ есть и крупныя, и мелкія, и притомъ, какъ повсюду, мелкія должны значительно преобладать надъ крупными. Но съ другой стороны a priori невозможно допустить, чтобы всѣ крупныя, или наоборотъ, всѣ мелкія звѣзды были расположены въ непосредственной близости къ намъ. Но вполнѣ можно принять, что на каждомъ разстояніи отъ насъ, во всякомъ равномъ объемѣ міроваго пространства заключается и равное количество звѣздъ какой-нибудь опредѣленной величины. Если принять неизвѣстное среднее разстояніе звѣздъ опредѣленной величины, напр., первой за *единицу звѣзднаго разстоянія*, то по силѣ свѣта звѣздъ другихъ классовъ можно легко вычислить и ихъ среднее разстояніе, такъ какъ намъ извѣстно, что сила свѣта уменьшается пропорціонально квадрату разстоянія. Ниже мы увидимъ, что, исходя изъ подобныхъ соображеній, можно примѣрно сдѣлать выводы объ устройствѣ и той великой небесной системы, въ которой наше солнце, какимъ громаднымъ оно ни представлялось намъ въ предыдущей главѣ, оказывается лишь ничтожно малымъ членомъ огромнаго цѣлаго.

Измѣреніе показало, что нормальная звѣзда первой величины свѣтитъ въ 40.000 милліоновъ разъ слабѣе солнца. Предполагая, что такая звѣзда въ дѣйствительности обладаетъ тою же свѣтовою силою, какъ и наше солнце и принимая разстояніе солнца отъ земли за единицу, мы найдемъ, что разстояніе звѣзды отъ насъ выразится квадратнымъ корнемъ изъ вышеуказаннаго числа, т. е. получимъ 200.000 единицъ. Чтобы перечислить это разстояніе на километры, намъ надо помножить его еще на 150 милліоновъ. Далѣе, зная, что свѣтъ въ секунду пробѣгаетъ 300.000 клм., и раздѣливъ полученное произведеніе на послѣднее число, мы найдемъ, что надо 100 милліоновъ секундъ, т. е. нѣсколько больше трехъ лѣтъ, для того, чтобы лучъ свѣта могъ пройти это пространство. Итакъ, при сдѣланныхъ допущеніяхъ оказывается, что даже самыя яркія, т. е., вѣроятно, и самыя ближайшія къ намъ, звѣзды находятся столь неизмѣримо далеко отъ насъ, что даже свѣтъ, распространяющійся съ быстротою молніи, находится въ пути къ намъ впродолженіи трехъ лѣтъ. Мы увидимъ далѣе, что такой выводъ, сдѣланный на основаніи яркости звѣздъ, вполнѣ подтверждается и нѣкоторыми прямыми измѣреніями разстояній неподвижныхъ звѣздъ, которыя возможно было произвести.

Изъ предыдущаго само собой понятно, что эти свѣтила не могутъ имѣть измѣримаго *поперечника*. Если бы наше солнце удалить отъ насъ на звѣздное разстояніе, то его видимый поперечникъ едва достигалъ бы одной сотой доли дуговой секунды: такой уголъ не различимъ даже для лучшихъ нашихъ инструментовъ. Это первое изъ тѣхъ многихъ разочарованій, какія испытываетъ каждый наблюдатель, въ первый разъ съ большими ожиданіями приступающій къ наблюденіямъ въ телескопъ: невооруженному глазу звѣзды кажутся гораздо больше. До изобрѣтенія телескопа поперечникъ звѣздъ измѣряли въ минутахъ, но уже Галилей, направивъ на небо свой первый, хотя и несовершенный телескопъ, нашелъ, что поперечникъ звѣздъ самое большое равенъ 5″; въ настоящее же время можно съ увѣренностью сказать, что ни одна неподвижная звѣзда не имѣетъ поперечника бо́льшаго 0,2″.

Въ новѣйшее время Стефанъ въ Марсели чрезвычайно остроумно воспользовался для этого одной уже не новой идеей французскаго физика Физо (Fizeau), извѣстнаго работами по теоріи свѣта. Пользуясь этой идеей можно было къ измѣренію ничтожно малыхъ звѣздныхъ поперечниковъ примѣнить одно свойство телескоповъ, до сихъ поръ считавшееся лишь помѣхой при наблюденіяхъ. Рѣчь идетъ о тѣхъ явленіяхъ диффракціи, о которыхъ мы говорили въ главѣ объ астрономическихъ инструментахъ: ими главнымъ образомъ и обусловливается кажущійся поперечникъ звѣздъ; они не исчезаютъ даже въ наилучшихъ телескопахъ. Мы объясняли эти явленія отклоненіемъ, которое испытываютъ лучи свѣта около наружныхъ краевъ чечевицъ или около діафрагмъ внутри трубы. Стефанъ получаетъ явленіе диффракціи искусственно посредствомъ двухъ узкихъ щелей, помѣщенныхъ передъ объективомъ. Можно доказать теоретически, что отклоненіе свѣта, произведенное одною щелью, по своей величинѣ должно отличаться отъ того отклоненія, какое дастъ другая щель въ случаѣ, если источникъ свѣта имѣетъ поперечникъ. Каждая отдѣльная щель даетъ вмѣсто диффракціонныхъ колецъ, изображенныхъ на прилагаемомъ рисункѣ въ a и b, полосы какъ въ c. Если свѣтлая полоса одного изображенія совпадаетъ съ темной полосой другого, то, очевидно, получится равномѣрное освѣщеніе всего поля; въ противоположномъ случаѣ полосы выступаютъ, наоборотъ, рѣзче.



Явленія диффракціи.

Наступленіе того или другого явленія зависитъ,—что опять-таки доказано теоретически, — съ одной стороны отъ поперечника свѣтила, излучающаго свѣтъ, съ другой отъ разстоянія между щелями, причемъ въ обоихъ случаяхъ зависимость совершенно опредѣленная. Напр., если разстояніе щелей дано въ миллиметрахъ, то поперечникъ наблюдаемаго свѣтила, выраженный въ дуговыхъ секундахъ, находятъ, дѣля число 103 на данное число миллиметровъ. Слѣдовательно, нужно только передвигать щели относительно другъ друга до тѣхъ поръ, пока не наступитъ первое послѣ совпаденія полосъ равномѣрное освѣщеніе поля зрѣнія; затѣмъ измѣрить найденное разстояніе между щелями и произвести указанное дѣленіе.

При опредѣленіяхъ по этому способу весьма малыхъ поперечниковъ важно, чтобы разстояніе между щелями было по возможности бо́льшимъ: тогда дѣлитель будетъ великъ, а получающаяся въ частномъ дробь дуговой секунды мала. Максимумъ этого разстоянія зависитъ, впрочемъ, отъ отверстія объектива. Стефанъ со своимъ телескопомъ дошелъ до такой точности, что минимальный измѣримый уголъ равнялся всего 0,16″. Но такъ какъ ни у одной неподвижной звѣзды, къ которой примѣнялся этотъ методъ, нельзя было получить исчезанія полосъ, какъ бы далеко ни были раздвинуты щели, то это только доказываетъ что звѣзды имѣютъ, вѣроятно, діаметръ еще меньшій указанной части секунды. Американскій физикъ Майкельсонъ (Michelson) въ Ликской обсерваторіи измѣрилъ по этому методу весьма малые діаметры спутниковъ Юпитера и достигъ здѣсь очень хорошаго согласія съ результатами прямого опредѣленія; однако и тутъ неподвижныя звѣзды оказались не имѣющими поперечника.

Какъ результатъ того, что неподвижныя звѣзды представляютъ для насъ неизмѣримо малые поперечники, является между прочимъ ихъ замѣчательное сверканіе или **мерцаніе**, по которому эти далекіе міры уже при первомъ взглядѣ ясно можно отличить отъ планетъ, когда наша атмосфера не находится въ состояніи необыкновеннаго спокойствія. Въ ясныя зимнія ночи это сверканіе, эта быстрая смѣна красокъ черезъ всѣ цвѣта ра-

дуги придаетъ неизъяснимую прелесть картинѣ звѣзднаго неба. Явленіе зависитъ отъ того, что па самомъ дѣлѣ, даже отъ весьма яркой звѣзды до нашего глаза доходитъ всегда одинъ лучъ бѣлаго цвѣта (если мы имѣемъ дѣло съ бѣлою звѣздой). Этотъ лучъ въ вѣчно безпокойной воздушной оболочкѣ нашей планеты разлагается на свои составныя цвѣтныя части въ каждое мгновеніе различнымъ образомъ, и уже эти послѣднія попадаютъ отдѣльно въ нашъ глазъ. У небесныхъ тѣлъ съ измѣримымъ діаметромъ сосѣдніе лучи дополняютъ въ такомъ случаѣ другъ друга, такъ что въ результатѣ получается лишь такъ называемое „волненіе“ ихъ краевъ.

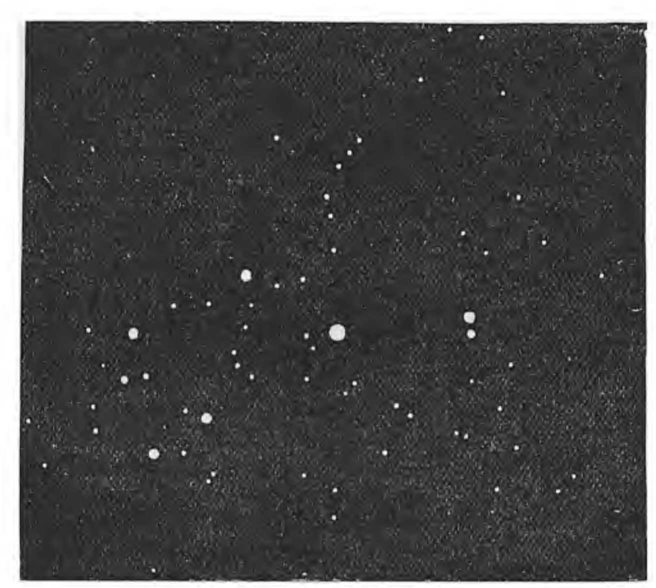
Монтиньи (Montigny), изучавшій подробно мерцаніе звѣздъ, построилъ приборъ, въ которомъ, благодаря быстрому вращенію, изображеніе звѣзды превращалось въ цвѣтовой кругъ. По виду послѣдняго онъ могъ довольно удачно предсказывать погоду. Этимъ способомъ очень просто можно опредѣлять состояніе высшихъ недоступныхъ намъ слоевъ воздуха, которые въ большинствѣ случаевъ и обусловливаютъ состояніе погоды ближайшихъ сутокъ. Дѣйствительно: сильное мерцаніе звѣздъ почти всегда указываетъ на перемѣну погоды.

Если уже звѣзды первой величины отдалены отъ насъ на три свѣтовыхъ года, то какія неизмѣримо громадныя пространства должны лежать между нами и тѣми едва мерцающими свѣтовыми точками, которыя доступны нашему зрѣнію лишь благодаря гигантской силѣ нашихъ величайшихъ телескоповъ? Это не трудно вычислить въ подобныхъ же круглыхъ числахъ, какъ мы это уже дѣлали. Мы видѣли, что каждый звѣздный классъ посылаетъ намъ приблизительно въ 2,5 раза меньше свѣта, чѣмъ предыдущій. Такъ какъ сила свѣта уменьшается пропорціонально квадрату разстоянія, то значитъ каждый классъ звѣздъ удаленъ отъ насъ приблизительно въ $\sqrt{2,5} = 1,6$ разъ дальше, чѣмъ предыдущій. Производя умноженіе такимъ образомъ далѣе отъ одной звѣздной величины до другой, мы находимъ, что тотъ предѣлъ вселенной, до котораго еще можетъ проникнуть нашъ невооруженный глазъ, именно звѣзды шестой величины, удалены отъ насъ уже приблизительно на 10 звѣздныхъ разстояній. Принимая, что каждое звѣздное разстояніе равно только тремъ свѣтовымъ годамъ, число, которое въ дѣйствительности должно считать наименьшимъ для звѣздъ первой величины (многіе астрономы даютъ для этого 15 лѣтъ), мы найдемъ, что свѣтъ этихъ звѣздъ, который въ настоящую минуту попадаетъ въ нашъ глазъ, при его скорости въ 300.000 километровъ въ секунду, находился въ пути уже 30 лѣтъ. А для тѣхъ мельчайшихъ звѣздъ, которыя еще видимы въ телескопы, или которыя отпечатываются на фотографической пластинкѣ послѣ часовой экспозиціи, мы найдемъ разстояніе въ 3.000 свѣтовыхъ лѣтъ. Выражать эти числа въ человѣческихъ мѣрахъ длины, для того лишь, чтобы вызывать удивленіе, нѣтъ смысла: отъ этого нисколько не выиграли бы наши представленія о вселенной и ея размѣрахъ.

Есть еще другой способъ для полученія въ общихъ чертахъ выводовъ относительно среднихъ разстояній звѣздъ. Онъ основывается на томъ предположеніи, что всѣ звѣзды находятся другъ отъ друга на приблизительно равныхъ разстояніяхъ. Если на нѣкоторомъ опредѣленномъ разстояніи, напр., на разстояніи звѣздъ первой величины, ихъ найдено извѣстное количество, то на двойномъ разстояніи звѣздъ должно быть во столько разъ больше, во сколько объемъ шара съ радіусомъ въ 2 единицы больше объема шара съ радіусомъ въ 1 единицу и т. д. А такъ какъ объемъ шара увеличивается пропорціонально кубу его радіуса, то, при сдѣланномъ предположеніи, на разстояніи въ 2 единицы должно находиться звѣздъ въ $2 \times 2 \times 2 = 8$ разъ больше, чѣмъ на разстояніи вдвое меньшемъ. Такимъ образомъ по числу звѣздъ мы можемъ заключать объ ихъ разстояніи и сравнить затѣмъ послѣднее съ тѣмъ количествомъ свѣта, которое доходитъ

отъ нихъ до насъ. По этому способу получены подобныя же колоссальныя разстоянія для послѣднихъ предѣловъ, до которыхъ могутъ достичь наши проникающіе пространство исполинскіе телескопы. Эти изслѣдованія надъ размѣрами міра неподвижныхъ звѣздъ будутъ болѣе подробно изложены нами при изученіи Млечнаго Пути.

Кажущееся распредѣленіе звѣздъ по небу вовсе не равномѣрно. Это значитъ, что и въ дѣйствительности міровое пространство наполнено свѣтилами далеко неодинаково. Особенно ясно это въ области Млечнаго Пути, гдѣ звѣзды скучены такъ плотно, что для невооруженнаго глаза онѣ даютъ впечатлѣніе сплошного свѣтового мерцанія. Телескопъ, напротивъ, открываетъ здѣсь безчисленные сонмы мельчайшихъ звѣздъ, которыя слишкомъ сближены между собою и потому не могутъ давать на нашей сѣтчаткѣ раздѣльныхъ впечатлѣній. Въ отдѣльности звѣзды, которыя главнымъ образомъ производятъ это свѣтовое мерцаніе, слишкомъ слабы. Доказано, что поясъ Млечнаго Пути, главнымъ образомъ состоитъ изъ звѣздъ наиболѣе слабосвѣтящихся классовъ. Рисунокъ на стр. 59 изображаетъ часть Млечнаго Пути въ области Лебедя по фотографіи, полученной Вольфомъ въ Гейдельбергѣ послѣ 13-часовой экспозиціи. Здѣсь все пространство густо усѣяно тѣсно скученными звѣздами; на фотографіи находятся еще звѣзды до 14-ой — 15-ой величины. Кромѣ того на снимкѣ видны значительныя области съ характеромъ туманностей, которыя въ свою очередь въ сильные телескопы производятъ то же впечатлѣніе, какъ часть Млечнаго Пути для невооруженнаго глаза. Именно, влѣво отъ середины расположена такъ наз. „туманность Америка“, о которой мы уже говорили въ главѣ о небесной фотографіи. Въ началѣ трудно было рѣшить вопросъ: можетъ быть, Млечный Путь построенъ изъ этихъ именно туманныхъ массъ, а вовсе не изъ звѣздъ. Съ другой стороны надо было опредѣлить, не зависитъ ли неразрѣшимость и этого остаточнаго тумана просто отъ недостаточной силы нашихъ телескоповъ, подобно тому, какъ это въ свое время было по отношенію къ тѣмъ мельчайшимъ звѣздамъ, которыя въ настоящее время видны отдѣльно. Ко всѣмъ этимъ вопросамъ, мы вернемся, когда пріобрѣтемъ болѣе правильный взглядъ на эту безпредѣльную и разнообразную область неба, которая глазу наблюдателя кажется столь просто построенною.



Плеяды, въ телескопѣ со слабымъ увеличеніемъ.

На ряду съ этими скопленіями звѣздъ, вдоль пояса Млечнаго Пути, которыя встрѣчаются вокругъ всего неба, наблюдаются еще особыя сгущенія, такъ называемыя **звѣздныя кучи**. Изъ нихъ нѣкоторыя ясно видны уже просто глазомъ, какъ, напр., знаменитыя **Плеяды** въ созвѣздіи Тельца, представленныя на прилагаемомъ рисункѣ, какими онѣ кажутся въ телескопѣ со слабымъ увеличеніемъ, и **Ясли** въ созвѣздіи Рака. Въ дальнѣйшемъ изложеніи намъ придется рѣшить, имѣемъ ли мы здѣсь дѣло

съ дѣйствительно самостоятельными группами звѣздъ, отдѣленныхъ отъ прочей ихъ массы, или же мы встрѣчаемъ на этихъ мѣстахъ звѣзды, только случайно расположенныя одна позади другой. На нѣкоторыхъ мѣстахъ свѣтовыя точки лежатъ такъ близко другъ къ другу, что съ трудомъ раздѣляются даже въ самые сильные телескопы; на другихъ же мы наблюдаемъ части свѣтового мерцанія, какъ и на указанной фотографіи, но совершенно отдѣленныя отъ Млечнаго Пути. Нѣкоторыя изъ этихъ послѣднихъ, какъ, напр., знаменитыя туманности въ Оріонѣ, или въ Андромедѣ, видны уже и невооруженнымъ глазомъ, но совершенно не разлагаются на звѣзды. По спектроскопическимъ даннымъ онѣ являются, по крайней мѣрѣ частью, настоящими раскаленными газовыми массами.

Для того, чтобы изучить свойства этой безконечной массы міровъ и затѣмъ въ концѣ концовъ составить себѣ картину устройства великаго мірового цѣлаго, къ которому принадлежимъ и мы, мы должны идти отъ единства къ множеству: прежде всего заняться изученіемъ физическаго устройства отдѣльныхъ звѣздъ, затѣмъ изучить звѣздныя системы, двойныя и болѣе сложныя звѣзды, потомъ звѣздныя кучи и туманности и, наконецъ, уже мысленно охватить, хотя бы и въ неясныхъ очертаніяхъ, всю обширную міровую систему Млечнаго Пути и другихъ Млечныхъ Путей, лежащихъ за предѣлами нашего. Тогда мы достигнемъ и послѣдняго предѣла нашихъ познаній о мірозданіи.

Среднія мѣста звѣздъ для начала 1900 года.

Названіе	Величина	Прямое восхожденіе	Годичное измѣненіе его	Склоненіе	Годичное измѣненіе его
α Andromedae	2,0	0с 31м 3,0с	+ 3,00с	+28° 32′ 18″	+ 19,9″
β Cassiopejae	2,1	3 50,8	+ 3,17	+58 35 53	+ 19,9
γ Pegasi	2,6	8 5,1	+ 3,08	+14 37 39	+ 20,0
α Cassiopejae var.	2,5	34 49,7	+ 3,37	+55 59 20	+ 19,8
β Ceti	2,0	38 34,2	+ 3,01	—18 32 9	+ 19,8
γ Cassiopejae	2,0	50 40,1	+ 3,58	+60 10 29	+ 19,6
β Andromedae	2,3	1 4 7,9	+ 3,35	+35 5 26	+ 19,2
ϑ Ceti	3,0	19 1,5	+ 3,00	— 8 41 57	+ 18,7
δ Cassiopejae	2,8	19 16,2	+ 3,88	+59 42 57	+ 18,8
α Ursae min.	2,0	22 33,1	+25,21	+88 46 27	+ 18,8
ζ Ceti	3,0	46 31,4	+ 2,96	—10 49 45	+ 17,9
β Arietis	2,8	49 6,8	+ 3,30	+20 19 9	+ 17,7
γ Andromedae	2,4	57 45,5	+ 3,66	+41 51 0	+ 17,4
α Arietis	2,0	2 1 32,0	+ 3,37	+22 59 23	+ 17,2
β Trianguli.	3,0	3 35,5	+ 3,56	+34 30 52	+ 17,2
η Eridani	3,0	51 32,5	+ 2,93	— 9 17 46	+ 14,5
α Ceti	2,3	57 3,0	+ 3,13	+ 3 41 51	+ 14,3
γ Persei	3,0	57 33,0	+ 4,32	+53 6 54	+ 14,3
β Persei var	2,9	3 1 39,5	+ 3,89	+40 34 14	+ 14,1
α Persei	2,0	17 10,8	+ 4,26	+49 30 19	+ 13,1
ε Eridani	3,0	28 13,1	+ 2,82	— 9 47 49	+ 12,3
δ Eridani	3,0	38 27,4	+ 2,87	—10 6 7	+ 12,4
η Tauri	3,0	41 32,3	+ 3,56	+23 47 46	+ 11,4
ζ Persei	3,0	47 50,6	+ 3,76	+31 35 12	+ 10,9
γ Eridani	3,0	53 21,8	+ 2,80	—13 47 35	+ 10,4
α Tauri	1	4 30 10,9	+ 3,44	+16 18 30	+ 7,5
ι Aurigae.	3,0	50 28,8	+ 3,90	+33 0 29	+ 6,0
β Eridani	3,0	5 2 56,0	+ 2,95	— 5 12 56	+ 4,9
α Aurigae	1	9 18,0	— 4,43	+45 53 47	+ 4,0

Названіе	Величина	Прямое восхожденіе	Годичное измѣненіе его	Склоненіе	Годичное измѣненіе его
β Orionis	1	5м 9с 43,9с	+2,88с	— 8° 19′ 2″	+ 4,4″
γ Orionis	2,0	19 46,0	+3,22	+ 6 15 33	+ 3,5
β Tauri	2,0	19 58,2	+3,79	+28 31 23	+ 3,3
δ Orionis var.	2,4	26 53,8	+3,06	— 0 22 24	+ 2,9
α Leporis	3,0	28 19,1	+2,64	—17 53 38	+ 2,8
ε Orionis	2,0	31 8,3	+3,04	— 1 15 56	+ 2,5
κ Orionis	2,6	43 0,8	+2,84	— 9 42 18	+ 1,5
α Orionis var.	1,2	49 45,4	+3,25	+ 7 23 19	+ 0,9
β Aurigae	2,0	52 11,6	+4,40	+44 56 14	+ 0,7
ϑ Aurigae	3,0	52 54,1	+4,09	+37 12 20	+ 0,6
μ Geminorum	3,0	6 16 54,7	+3,63	+22 33 54	— 1,6
β Canis maj	2,6	18 17,7	+2,64	—17 54 23	— 1,6
γ Geminorum	2,3	31 56,1	+3,47	+16 29 5	— 2,8
α Canis maj.	1	40 44,6	+2,64	—16 34 44	— 4,7
ε Canis maj.	1,6	54 41,7	+2,36	—28 50 10	— 4,7
δ Canis maj.	2,0	7 4 19,5	+2,44	—26 14 4	— 5,5
β Canis min.	3,0	21 43,7	+3,26	+ 8 29 27	— 7,0
α Geminorum	2,0	28 13,0	+3,84	+32 6 29	— 7,6
α Canis min.	1	34 4,1	+3,14	+ 5 28 53	— 9,0
β Geminorum	1,3	39 11,9	+3,68	+28 16 4	— 8,4
ι Navis	3,0	8 3 17,1	+2,55	—24 0 58	— 10,2
ι Ursae maj	3,0	52 21,9	+4,13	+48 26 4	— 13,9
α Hydrae	2,0	9 22 40,4	+2,95	— 8 13 30	— 15,4
ϑ Ursae maj.	3,0	26 10,3	+4,04	+52 7 59	— 16,3
ε Leonis	3,0	40 10,6	+3,41	+24 14 5	— 16,4
α Leonis	1,3	10 3 2,8	+3,20	+12 27 22	— 17,5
ζ Leonis	3,0	11 7,8	+3,34	+23 54 57	— 17,8
μ Ursae maj.	3,0	16 22,4	+3,59	+42 0 9	— 18,0
β Ursae maj.	2,3	55 48,6	+3,65	+56 55 7	— 19,2
α Ursae maj.	2,0	57 33,6	+3,74	+62 17 27	— 19,4
δ Leonis	2,3	11 8 47,5	+3,20	+21 4 18	— 19,7
β Leonis	2,0	43 57,5	+3,06	+15 7 52	— 20,1
γ Ursae maj.	2,3	48 34,4	+3,18	+54 15 3	— 20,0
ε Corvi	3,0	12 4 58,8	+3,08	—22 3 49	— 20,0
γ Corvi	2,0	10 39,7	+3,08	—16 59 12	— 20,0
δ Corvi	2,3	24 41,4	+3,10	—15 57 32	— 20.1
β Corvi	2,3	29 7,9	+3,14	—22 50 38	— 19,9
γ Virginis	3	36 35,6	+3,04	— 0 54 4	— 19,8
ε Ursae maj.	2,0	49 37,8	+2,65	+56 30 8	— 19,6
δ Virginis	3,0	50 33,9	+3,02	+ 3 56 27	— 19,6
12 Canum ven..	2,9	51 21,0	+2,81	+38 51 30	— 19,5
ε Virginis	2,6	57 11,9	+2,99	+11 29 48	— 19,4
ζ Ursae maj.	2,1	13 19 54,0	+2,42	+55 26 51	— 18,9
α Virginis	1	19 55,4	+3,15	—10 38 22	— 18,9
η Ursae maj.	2,0	43 36,1	+2,37	+49 48 44	— 18,1
η Bootis	3,0	49 55,4	+2,86	+18 53 56	— 18,1
α Bootis	1	14 11 6,0	+2,73	+19 42 11	— 18,8
γ Bootis	2,9	28 3,1	+2,42	+38 44 44	— 15,9
α Librae	2,3	45 20,7	+3,31	—15 37 36	— 15,1
β Ursae min.	2,0	50 59,6	—0,22	+74 33 51	— 14,7
β Bootis	3,0	58 10,7	+2,26	+40 47 5	— 14,3

Названіе	Величина	Прямое восхожденіе	Годичное измѣреніе его	Склоненіе	Годичное измѣненіе его
δ Bootis	3,0	15м 11с 28,3с	+ 2,42с	+ 33° 41′ 16″	— 13,6″
β Librae	2,0	11 37,5	+ 3,22	— 9 0 51	— 13,5
γ Ursae min.	3,0	20 53,3	— 0,12	+ 72 11 24	— 12,8
ι Draconis	3,0	22 42,2	+ 1,33	+ 59 18 59	— 12,7
α Coronae bor.	2,0	30 27,2	+ 2,54	+ 27 3 4	— 12,3
α Serpentis	2,3	39 20,5	+ 2,95	+ 6 44 24	— 11,5
δ Scorpii	2,3	54 25,1	+ 3,54	— 22 20 15	— 10,5
β Scorpii	2,0	59 37,2	+ 3,48	— 19 31 55	— 10,1
δ Ophiuchi	3,0	16 9 6,2	+ 3,14	— 3 26 13	— 9,5
η Draconis	2,6	22 38,5	+ 0,81	+ 61 44 25	— 8,2
α Scorpii	1,3	23 16,4	+ 3,67	— 26 12 38	— 8,3
β Herculis	2,3	25 55,2	+ 2,58	+ 21 42 26	— 8,0
ζ Ophiuchi	2,6	31 39,1	+ 3,30	— 10 21 53	— 7,5
ζ Herculis	2,6	37 31,0	+ 2,26	+ 31 47 2	— 6,7
η Ophiuchi	2,3	17 4 38,5	+ 3,44	— 15 36 5	— 4,7
ζ Draconis	3,0	8 29,8	+ 0,16	+ 65 50 16	— 4,4
δ Herculis	3,0	10 55,4	+ 2,46	+ 24 57 25	— 4,4
β Draconis	2,6	28 10,4	+ 1,35	+ 52 22 31	— 2,8
α Ophiuchi	2,0	17 30 17,5	+ 2,78	+ 12 37 58	— 2,8
β Ophiuchi	3,0	38 31,9	+ 2,96	+ 4 36 32	— 1,7
γ Draconis	2,3	54 17,0	+ 1,39	+ 51 30 2	— 0,5
η Serpentis	3,0	18 16 8,0	+ 3,10	— 2 55 29	+ 0,7
α Lyrae	1	33 33,2	+ 2,03	+ 38 41 26	+ 3,2
σ Sagittarii	2,3	49 3,9	+ 3,72	— 26 25 16	+ 4,2
ζ Aquilae	3,0	19 0 48,8	+ 2,75	+ 13 42 53	+ 5,2
δ Draconis	3,0	12 32,0	+ 0,02	+ 67 29 8	+ 6,3
β Cygni	3,0	26 41,3	+ 2,42	+ 27 44 58	+ 7,4
γ Aquilae	3,0	41 30,3	+ 2,85	+ 10 22 10	+ 8,6
δ Cygni	2,8	41 51,0	+ 1,88	+ 44 53 11	+ 8,6
α Aquilae	1,3	45 54,2	+ 2,93	+ 8 36 14	+ 9,3
ϑ Aquilae .	3,0	20 6 8,7	+ 3,09	— 1 7 6	+ 10,5
β Capricorni	3,0	15 23,6	+ 3,37	— 15 5 50	+ 11,2
γ Cygni	2,4	18 38,4	+ 2,15	+ 39 56 12	+ 11,4
α Cygni	1,6	38 1,4	+ 2,04	+ 44 55 22	+ 12,8
ε Cygni	2,6	42 9,9	+ 2,43	+ 33 35 44	+ 13,4
ζ Cygni	3,0	21 8 40,8	+ 2,55	+ 29 48 59	+ 14,6
α Cephei	2,6	16 11,6	+ 1,43	+ 62 9 42	+ 15,2
β Aquarii	3,0	26 17,7	+ 3,16	— 6 0 41	+ 15,7
β Cephei	3,0	27 22,3	+ 0,79	+ 70 7 18	+ 15,8
ε Pegasi	2,3	39 16,5	+ 2,95	+ 9 24 59	+ 16,4
δ Capricorni .	3,0	41 31,3	+ 3,32	— 16 34 53	+ 16,2
α Aquarii .	3,0	22 0 38,8	+ 3,08	— 0 48 21	+ 17,4
η Pegasi	3,0	38 18,8	+ 2,81	+ 29 41 53	+ 18,8
δ Aquarii	3,0	49 20,6	+ 3,19	— 16 21 10	+ 19,1
α Piscis austr.	1,3	52 7,5	+ 3,32	— 30 9 9	+ 19,0
β Pegasi var.	2,4	58 55,5	+ 2,90	+ 27 32 25	+ 19,5
α Pegasi	2,0	59 46,7	+ 2,98	+ 14 40 2	+ 19,3

15. Подраздѣленія звѣздъ по спектрамъ.

Неподвижныя звѣзды, въ отличіе отъ всѣхъ, разсмотрѣнныхъ нами небесныхъ свѣтилъ, кромѣ солнца, свѣтятъ всѣ безъ исключенія собственнымъ свѣтомъ, и въ томъ никто не сомнѣвался еще задолго до того, какъ спектроскопъ далъ этому несомнѣнное доказательство. Дѣйствительно, гдѣ, какъ не въ собственной энергіи звѣздъ, можетъ заключаться источникъ массы свѣта, которую никоимъ образомъ нельзя объяснить отраженіемъ свѣта, исходящаго изъ какой либо точки. Итакъ, милліоны звѣздъ, окружающихъ насъ, надо разсматривать, какъ самосвѣтящіяся небесныя тѣла, какъ солнца. Поэтому въ высшей степени поучительно узнать, насколько эти солнца схожи съ нашимъ, насколько мы сами, считающіе себя властелинами громаднаго міра, теряемся среди еще болѣе громаднаго міра, состоящаго изъ милліоновъ свѣтилъ, подобныхъ нашему солнцу.

Что не всѣ солнца за предѣлами нашей планетной системы подобны нашему, доказывается уже различіемъ въ ихъ цвѣтѣ, свидѣтельствующемъ о различіи ихъ физическаго состоянія. Такъ какъ свѣченіе обусловлено раскаленнымъ состояніемъ тѣла, то прежде всего является мысль, что бѣлыя звѣзды должны быть наиболѣе раскаленными, красныя, напротивъ, уже значительно охладившимися и перешедшими въ состояніе краснокалильнаго жара. Здѣсь-то спектроскопъ и оказалъ наибольшія услуги: при его помощи въ этомъ недостижимомъ мірѣ неподвижныхъ звѣздъ открыты были такіе дѣйствительно чудесные факты, о которыхъ не мечтали въ срединѣ нашего столѣтія даже наиболѣе увлекающіеся умы.

Прежде всего оказалось, что, дѣйствительно, спектръ большинства звѣздъ имѣетъ чрезвычайное сходство со спектромъ солнца: онъ представляется непрерывною полосою цвѣтовъ, по большей части, пересѣченною многочисленными темными линіями. Но далеко не всегда наблюдается такое согласіе, да уже и напередъ при необъятномъ множествѣ міровъ, можно было ожидать большого разнообразія въ этомъ отношеніи.

Громадное большинство спектроскопически изслѣдованныхъ звѣздъ распадается на два главныхъ класса. Звѣзды перваго, самаго многочисленнаго изъ нихъ, называются звѣздами типа Сиріуса, по ихъ характерному представителю; звѣзды второго, на томъ же основаніи, зовутся звѣздами типа солнца. Звѣзды перваго класса чисто-бѣлаго или синевато-бѣлаго цвѣта, звѣзды типа солнца нѣсколько желтоваты; свѣтъ нашего солнца, какъ извѣстно, также немного окрашенъ въ желтый цвѣтъ. Къ этимъ двумъ классамъ примыкаетъ третій классъ красныхъ звѣздъ, который въ свою очередь несравненно менѣе многочисленъ, чѣмъ второй. Такимъ образомъ наше солнце съ одной стороны не является представителемъ большинства звѣздъ, а съ другой не принадлежитъ и къ числу рѣдкихъ явленій неба. Фогель въ Потсдамѣ, занимавшійся, при содѣйствіи Шейнера, въ новѣйшее время почти исключительно изученіемъ спектровъ неподвижныхъ звѣздъ, ввелъ еще нѣсколько подклассовъ съ небольшимъ количествомъ представителей, такъ что теперь говорятъ о классахъ I a, I b, I c, II a и II b и, наконецъ III a и III b. Разсмотримъ ихъ различія. Классъ I a соотвѣтствуетъ звѣздамъ типа Сиріуса собственно, II a—звѣздамъ типа солнца. 4051 звѣзда, изслѣдованныхъ въ Потсдамѣ, распредѣляются по названнымъ классамъ слѣдующимъ образомъ: классъ I a содержитъ 2,165 звѣздъ, классъ II a—1.240 звѣздъ, классъ III a—288 звѣздъ, классъ III b—9 звѣздъ. Различія между этими классами, въ нѣкоторыхъ случаяхъ весьма рѣзко выраженныя, были по большей части извѣстны уже Фраунгоферу, который однако не могъ сдѣлать изъ нихъ какихъ либо

выводовъ. Его изслѣдованія по этому предмету опубликованы были въ 1817 г. И только затѣмъ, въ шестидесятыхъ годахъ, послѣ того какъ было признано важное значеніе фраунгоферовыхъ линій, мы снова, въ лицѣ Секки встрѣчаемъ изслѣдователя, который занялся правильными спектроскопическими изслѣдованіями звѣзднаго неба. Онъ первый установилъ дѣленіе на классы, которое затѣмъ, какъ указано, было разработано Фогелемъ. Впослѣдствіи, кромѣ только что названныхъ авторовъ, съ выдающимся успѣхомъ занимались изслѣдованіями спектровъ неподвижныхъ звѣздъ д'Аррэ (d'Arrest), Дюнеръ (Dunér) и особенно Пикерингъ (Pickering) въ Кэмбриджѣ (Сѣв. Америка). О грандіозномъ предпріятіи послѣдняго — изслѣдовать все небо спектроскопически, — которое онъ продолжаетъ уже съ давнихъ поръ при помощи большого призматическаго объектива, мы уже говорили въ главѣ о спектроскопическомъ изслѣдованіи.

Шейнеръ даетъ слѣдующіе признаки этихъ трехъ главныхъ классовъ съ ихъ подраздѣленіями (см. также раскрашенную таблицу спектровъ, приложенную къ стр. 71).

Классъ I.

Спектры, въ которыхъ линіи металловъ выступаютъ крайне слабо или даже вовсе не замѣтны, наиболѣе же преломляемыя части спектра, синяя и фіолетовая, отличаются большою напряженностью.

a) Спектры въ которыхъ кромѣ весьма слабыхъ линій металловъ замѣтны и водородныя линіи, отличающіяся своею шириной и напряженностью (сюда относится большинство бѣлыхъ звѣздъ, Сиріусъ, Вега).

b) Спектры, въ которыхъ немногія линіи металловъ обозначаются лишь весьма слабо, или даже вовсе не замѣтны, а водородныя линіи отсутствуютъ (β, γ, δ, ε Orionis),

c) Спектры, въ которыхъ ясно выступаютъ линіи водорода, а кромѣ нихъ также ясно видна еще и линія D_3—гелія (до сихъ поръ извѣстны лишь β Lyrae и γ Cassiopejae).

Классъ II.

Спектры, въ которыхъ линіи металловъ выступаютъ весьма отчетливо, Болѣе преломляемыя части спектра, сравнительно съ предыдущимъ классомъ, тусклы; въ менѣе преломляемыхъ частяхъ наблюдаются иногда слабыя полосы.

a) Спектры съ весьма многими линіями металловъ, которыя особенной яркостью обладаютъ въ желтой и зеленой частяхъ спектра. Водородныя линіи по большей части явственны, но никогда не расширены такъ рѣзко, какъ въ классѣ I a. У нѣкоторыхъ звѣздъ однако онѣ слабы; тогда въ менѣе преломляемыхъ частяхъ такихъ спектровъ наблюдаются обыкновенно слабыя полосы, состоящія изъ множества тѣсно сближенныхъ линій (Capella, Arcturus, Aldebaran).

b) Спектры, въ которыхъ кромѣ темныхъ линій и нѣсколькихъ слабыхъ полосъ появляются многія свѣтлыя линіи (T Coronae; сюда же по всей вѣроятности, должно отнести звѣзды, наблюдавшіяся Вольфомъ и Райе (Rayet) въ Лебедѣ, равно какъ и перемѣнную R Geminorum; хотя изъ-за слабости свѣта этихъ звѣздъ нѣкоторыя темныя полосы и наблюдались въ красной и желтой частяхъ, но темныхъ линій не было и слѣда).

Классъ III.

Спектры, въ которыхъ, кромѣ темныхъ линій, встрѣчаются еще и многочисленныя темныя полосы во всѣхъ частяхъ спектра, а болѣе преломляемыя части необычайно слабы.

a) Кромѣ темныхъ линій въ спектрахъ различаются полосы, изъкото-

рыхъ самыя отчетливыя со стороны фіолетоваго цвѣта темны и ограничены рѣзко, со стороны же краснаго неясны и расплывчаты (α Herculis, α Orionis, β Pegasi).

b) Спектры, въ которыхъ различаются темныя, очень широкія полосы; напряженность полосъ измѣняется въ порядкѣ, обратномъ предыдущему, т. е. наиболѣе отчетливыя полосы ограничены рѣзко со стороны краснаго цвѣта, гдѣ онѣ являются и наиболѣе темными, и, наоборотъ, блѣднѣютъ по направленію къ фіолетовому цвѣту. (Изъ такихъ звѣздъ извѣстны пока лишь слабыя).

Обращаясь прежде всего къ бѣлымъ или синеватымъ звѣздамъ типа Сиріуса, мы увидимъ, что онѣ отличаются отъ желтыхъ звѣздъ типа солнца, главнымъ образомъ, болѣе сильнымъ выступаніемъ водородныхъ линій на счетъ линій металловъ, хотя и эти послѣднія не вполнѣ отсутствуютъ. Въ предѣлахъ этого класса мы встрѣчаемъ такъ много степеней различной напряженности, что изъ ряда отдѣльныхъ звѣздъ можно составить довольно полный переходъ отъ настоящихъ звѣздъ типа Сиріуса къ звѣздамъ типа солнца.

Итакъ, преобладаніе водорода въ атмосферахъ звѣздъ типа Сиріуса составляетъ ихъ отличительный признакъ. Если проводить параллель съ нашимъ солнцемъ, то мы должны предположить, что хромосфера этихъ звѣздъ гораздо обширнѣе солнечной и что она такимъ плотнымъ слоемъ облекаетъ лежащую подъ нею металлическую атмосферу, что бо̀льшая часть лучей этой послѣдней поглощается. Чрезвычайная яркость спектра въ фіолетовой части служитъ доказательствомъ весьма высокой температуры этихъ звѣздъ, которая, несомнѣнно, должна быть выше температуры нашего солнца и другихъ сходныхъ съ нимъ желтыхъ звѣздъ. Здѣсь надо имѣть въ виду, что эта высокая температура должна стоять въ тѣсной связи съ присутствіемъ громадныхъ атмосферъ: это допущеніе все болѣе и болѣе будетъ подтверждаться въ нашемъ дальнѣйшемъ изложеніи.

На нѣкоторыхъ звѣздахъ этого рода атмосферы, повидимому, достигаютъ столь большихъ размѣровъ, что ядро, дающее непрерывный спектръ, по сравненію съ атмосферой можетъ считаться незначительнымъ. Обращеніе водородныхъ линій, которое на солнцѣ мы можемъ наблюдать лишь тогда, когда намъ удается удержать щель спектроскопа исключительно надъ разрѣженнымъ слоемъ хромосферы, должно въ данномъ случаѣ стать постояннымъ явленіемъ, потому что отъ раскаленной газовой оболочки, дающей свѣтлыя линіи, къ намъ доходитъ большее количество лучей, чѣмъ отъ той части, позади которой лежитъ ядро; свѣтъ послѣдняго самъ по себѣ при прохожденіи черезъ атмосферу далъ бы темныя фраунгоферовы линіи. Хотя этотъ случай, когда свѣтлыя водородныя линіи берутъ перевѣсъ, и очень рѣдокъ (до сихъ поръ онъ наблюдался лишь дважды), но въ пользу справедливости приведеннаго объясненія говоритъ тотъ фактъ, что у этихъ звѣздъ также всегда ясно выступаетъ и геліевая линія D_3. Такимъ образомъ составъ этихъ предполагаемыхъ громадныхъ атмосферъ является вполнѣ сходнымъ съ составомъ самыхъ наружныхъ оболочекъ солнца, въ которыхъ и былъ впервые обнаруженъ гелій.

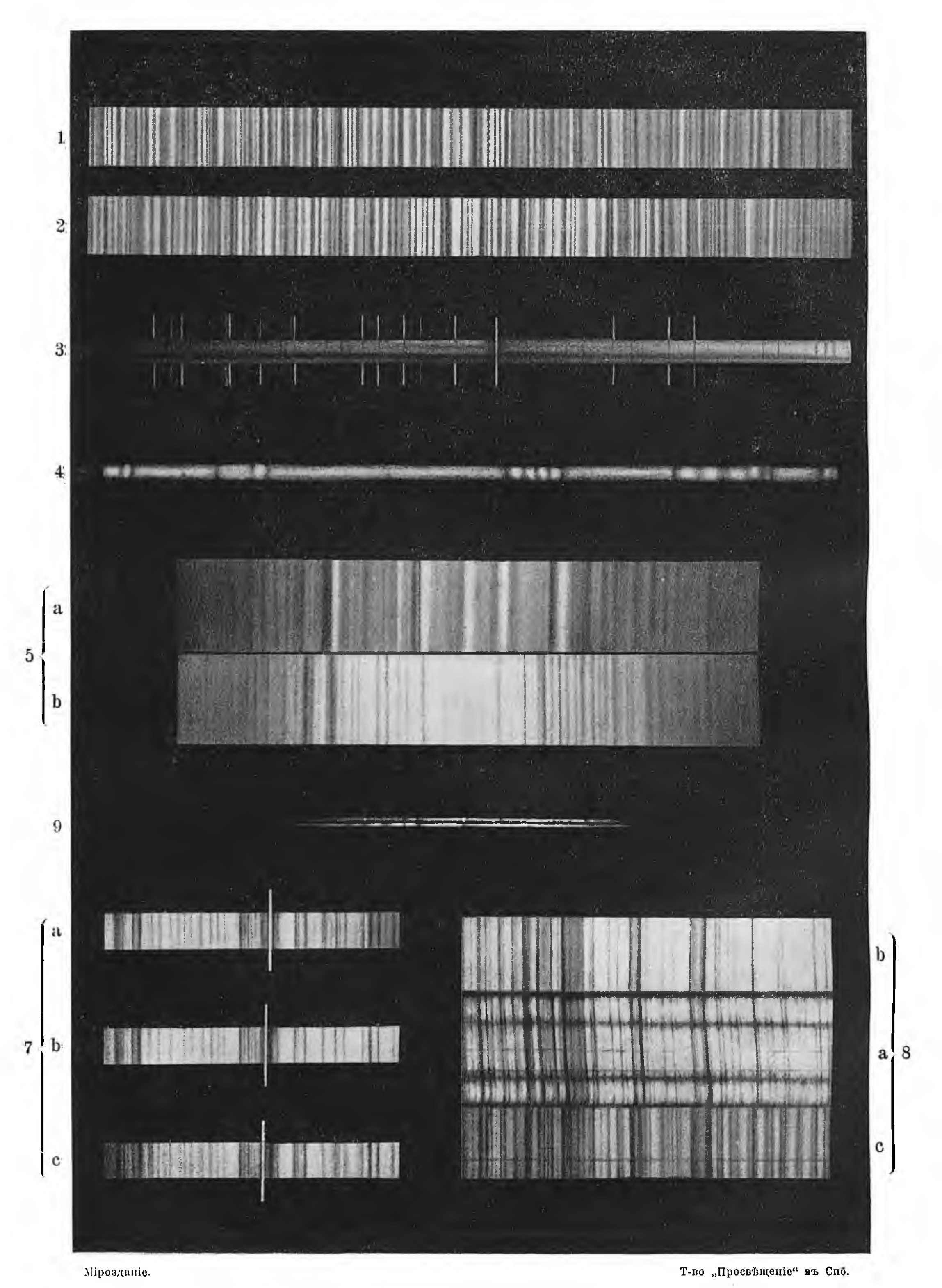
Къ крайнимъ представителямъ звѣздъ класса I a Шейнеръ причисляетъ α Leonis, β Librae и α Ophiuchi, въ спектракъ которыхъ на значительныхъ участкахъ нельзя замѣтить никакихъ другихъ линій, кромѣ водородныхъ. Самый Сиріусъ занимаетъ уже среднее положеніе: линіи металловъ отчетливы, но онѣ существенно отличаются, особенно по своей напряженности, отъ линій, наблюдаемыхъ на солнцѣ; поэтому мы можемъ заключить, что температура газовой оболочки этой звѣзды и ея спутника выше той, которую мы встрѣчаемъ на центральномъ свѣтилѣ нашей системы.

На всѣхъ звѣздахъ, какъ и на солнцѣ, изъ линій металловъ преобладаютъ линіи желѣза. Такимъ образомъ этотъ важный металлъ повсюду принимаетъ наибольшее участіе въ построеніи міровъ и соперничаетъ въ этомъ отношеніи только съ водородомъ. Въ виду еще господствующей неточности относительно отождествленія другихъ линій съ земными элементами, какъ мы уже указывали на это въ главѣ о солнцѣ, попытка опредѣлить по линіямъ и другіе элементы, входящіе въ составъ солнцъ за предѣлами нашей планетной системы, не имѣетъ особеннаго значенія. Но за то, чтобы составить себѣ нѣкоторое понятіе объ ихъ общей физической природѣ, намъ надо обратить вниманіе на особенности группировки и характеръ линій. Этимъ способомъ можно нѣсколько выяснить общія физическія состоянія этихъ свѣтилъ, что прежде всего насъ и можетъ интересовать.

Мы говорили уже о томъ, что между первымъ и вторымъ классомъ можно указать рядъ переходовъ. На границѣ, по Шейнеру, стоитъ главная звѣзда въ Орлѣ (Атаиръ), спектръ которой весьма похожъ на солнечный, если представить, что въ послѣднемъ всѣ линіи слились въ полосы. Слѣдовательно группировка ихъ, повидимому, почти тождественна. Это значитъ, что тамъ мы имѣемъ дѣло въ общихъ чертахъ съ тѣми же веществами и въ тѣхъ же количественныхъ отношеніяхъ, какъ и на солнцѣ, только находятся они въ разныхъ физическихъ условіяхъ: давленіе и температура тамъ иныя и, вѣроятно, болѣе высокія.

Весьма своеобразное отклоненіе представляютъ нѣкоторыя звѣзды, въ спектрѣ которыхъ отсутствуютъ водородныя линіи, а вмѣсто нихъ выступаетъ при 447,14 $\mu\mu$ линія, для которой нѣтъ тожественной линіи въ спектрахъ земныхъ элементовъ. Здѣсь, повидимому, какое то неизвѣстное намъ тѣло занимаетъ мѣсто водорода или, лучше сказать, значительно вытѣсняетъ его, такъ какъ, по новѣйшимъ наблюденіямъ, отсутствіе водородныхъ линій является здѣсь только кажущимся, благодаря ихъ крайнему расширенію. Линіи металловъ въ этомъ типѣ I a отсутствуютъ почти совершенно. Спектроскопическій характеръ этихъ звѣздъ можно объяснить лучше всего присутствіемъ весьма общирныхъ и сравнительно холодныхъ атмосферъ. Въ высшей степени интересно, что указанное неизвѣстное вещество наблюдается исключительно лишь въ тѣсныхъ предѣлахъ одной группы звѣздъ въ Оріонѣ и на перемѣнной звѣздѣ Альголѣ, которою мы займемся ниже болѣе подробно. Эта же линія находится и въ туманности Оріона, гдѣ выступаетъ ярко; поэтому ее называютъ также линіей Оріона. Итакъ, въ нѣкоторой опредѣленной области вселенной, гдѣ, какъ мы увидимъ, еще въ настоящее время находится въ періодѣ образованія цѣлый комплексъ небесныхъ свѣтилъ, играетъ, повидимому, существенную роль какое то своеобразое вещество, наблюдаемое, кромѣ даннаго случая, всего лишь въ одномъ мѣстѣ вселенной. Здѣсь мы встрѣчаемъ исключеніе изъ общаго закона единства мірообразующей матеріи; однако, это исключеніе ограничивается сравнительно небольшимъ пространствомъ.

Переходя ко второму спектральному классу, мы, наоборотъ, можемъ все болѣе и болѣе удивляться тому полному согласію съ нашимъ солнцемъ, какое обнаруживаютъ многочисленные, неизмѣримо удаленные отъ насъ міры какъ въ своемъ строеніи, такъ равно и въ физическихъ свойствахъ. Наилучшимъ представителемъ этой группы является прекрасная Капелла, главная звѣзда въ Возничемъ, которая въ лѣтнія ночи медленно проходитъ по сѣверному небосклону и въ нашихъ широтахъ никогда не заходитъ. Шейнеръ измѣрилъ 290 линій въ спектрѣ этой звѣзды, которыя всѣ безъ исключенія какъ по положенію, такъ и по напряженности, соотвѣтствуютъ линіямъ солнца. Измѣренія, произведенныя съ большою точностью, дали только въ нѣсколькихъ случаяхъ различіе во вто-



Мiрозданiе.

Т-во „Просвѣщенiе" въ Спб.

СПЕКТРЫ ЗВѢЗДЪ.

(Преимущественно по фотографическимъ снимкамъ Потсдамской обсерваторiи.)

Спектры неподвижныхъ звѣздъ.

1. Спектръ α Aurigae (Капелла), сфотографированный 24 октября 1888 г.
2. Спектръ α Bootis (Арктуръ).
3. Спектръ Сирiуса (α Canis maj.) 22 марта 1891 г. съ наложеннымъ на него для сравненія спектромъ желѣза.
4. Спектръ β Lyrae 22 декабря 1893 г.
5. a. Спектръ Nova Aurigae 1892 г.,
   b. „ Луны для сравненія.
6. Спектръ Mira (o) Ceti 22 февраля 1896 г.
   (Подъ нимъ для сравненія спектръ β Eridani.)
7. Смѣщенія линій въ спектрѣ α Aurigae (Капеллы) вслѣдствіе движенія звѣзды по лучу зрѣнія и вліяніе движенія земли на величину смѣщеній
   a. Движеніе земли противоположно движенію звѣзды.
   b. „ перпендикулярно линіи зрѣнія.
   c. „ „ въ одномъ направленіи съ движеніемъ звѣзды.
8. Спектръ Сатурна, сфотографированный 16 мая 1895 В. В. Кэмпбеллемъ (W. W. Campbell) въ Ликской обсерваторіи.
   a. Спектръ диска и колецъ Сатурна,
   b, c. Спектры луны для сравненія.

ромъ десятичномъ знакѣ микрона, т. е. милліонной части миллиметра; весьма многія линіи совпали до третьей десятичной, т. е. до послѣдняго предѣла точности, достижимой даже для солнца. Такимъ образомъ Капелла представляется точной копіей нашего солнца: она должна состоять изъ тѣхъ же элементовъ, подчиняться тѣмъ же физическимъ законамъ и подвергнуться той же участи, какъ и то свѣтило, которому мы на землѣ обязаны всѣми нашими радостями и печалями.

Другія звѣзды по характеру своихъ спектровъ также вполнѣ согласуются съ Капеллой и нашимъ солнцемъ. На прилагаемой таблицѣ тотчасъ подъ спектромъ Капеллы помѣщенъ спектръ Арктура (*α* Bootis); оба сняты въ Потсдамѣ. Сходство такъ велико, что оба рисунка можно принять за двѣ копіи одного снимка, но отпечатанныя съ различною силою.

Довольно значительное количество другихъ звѣздъ, относящихся къ этому классу II a, удерживаютъ въ общемъ тотъ же характеръ линій, но здѣсь чаще встрѣчаются полосы, особенно въ фіолетовой части, которая все болѣе и болѣе темнѣетъ. Сами звѣзды постепенно принимаютъ вмѣсто желтоватой окраски красноватую, такъ что въ концѣ концовъ мы переходимъ къ настоящимъ краснымъ звѣздамъ третьяго класса. Эти полосы образуются черезъ сліяніе группъ рядомъ стоящихъ линій поглощенія, когда эти послѣднія расширяются. Расширеніе же ихъ является вслѣдствіе увеличенія разницы между температурами свѣтящагося ядра и поглощающей оболочки. Если бы существовала только одна самосвѣтящаяся оболочка, то она давала бы свѣтлыя линіи; но чѣмъ менѣе ея лучеиспускательная способность, т. е. чѣмъ она холоднѣе, тѣмъ менѣе испускаемые ею самою лучи будутъ возмѣщать поглощеніе, и тѣмъ сильнѣе должны выступать темныя линіи. Итакъ, даже оставляя въ сторонѣ общую окраску, на основаніи одного характера линій здѣсь можно доказать, что температура атмосферъ правильно понижается отъ перваго къ третьему типу.

Въ спектрахъ красныхъ звѣздъ замѣчается еще одно чрезвычайно характерное явленіе: это полосы, границы которыхъ исчезаютъ постепенно по направленію только къ одному концу спектра, по направленію же къ другому, наоборотъ, оказываются рѣзко ограниченными. Какъ мы уже имѣли случай говорить въ главѣ о солнцѣ, такія полосы появляются при химическихъ соединеніяхъ и характерны особенно для окисей. На солнцѣ наблюдались онѣ на пятнахъ и мы разсматривали ихъ, какъ признаки присутствія продуктовъ соединенія, появившихся вслѣдствіе процессовъ охлажденія. Такимъ образомъ, повидимому, на красныхъ звѣздахъ третьяго класса значительная часть поверхности занята областями пятенъ. Это предположеніе подтверждается способностью многихъ звѣздъ мѣнять черезъ болѣе или менѣе правильные періоды силу свѣта; почти всѣ такъ называемыя перемѣнныя звѣзды (см. главу I,20) принадлежатъ къ этому спектральному классу. Въ сущности и наше солнце является также перемѣнною звѣздою, періодъ которой въ тѣ времена, когда его поверхность занята большою группою пятенъ, равенъ времени обращенія солнца вокругъ оси; но кромѣ того наблюдается еще другой, одиннадцатилѣтній періодъ, въ теченіе котораго малый періодъ усиливается и уменьшается въ своей напряженности. На разстояніи неподвижныхъ звѣздъ эти колебанія впрочемъ уже не были бы замѣтны. Поэтому изъ предъидущаго мы должны заключить, что въ развитіи небесныхъ свѣтилъ существуетъ стадія, когда образованіе пятенъ принимаетъ все большіе размѣры, пока наконецъ не наступитъ полное потемнѣніе. Слѣдовательно, рядомъ съ видимыми звѣздами во вселенной должны находиться и темныя, невидимыя; въ нѣкоторыхъ случаяхъ, дѣйствительно, открыты слѣды ихъ существованія.

На тѣхъ немногихъ не очень яркихъ звѣздахъ, которыя составляютъ

классъ III b, обнаруженъ не только общій спектроскопическій признакъ химическихъ соединеній, но и признакъ вполнѣ опредѣленный, указывающій на присутствіе углеводородовъ, которые и на другихъ тѣлахъ вселенной, именно на кометахъ, играютъ выдающуюся роль. Эти звѣзды, повидимому, представляютъ послѣднюю ступень развитія, доступную еще нашему спектральному анализу.

При разсмотрѣніи спектроскопическаго характера звѣздъ, съ которымъ мы познакомились здѣсь только въ общихъ чертахъ, оставляя изложеніе спеціальныхъ данныхъ до слѣдующихъ отдѣловъ, мы естественно приходимъ къ идеѣ о развитіи небесныхъ свѣтилъ. Эта идея нова въ нашемъ изложеніи, такъ какъ мы поставили себѣ исключительной задачей описывать небесныя свѣтила только такъ, какъ они существуютъ, чтобы лишь впослѣдствіи, когда мы соберемъ всѣ нужныя свѣдѣнія, нарисовать болѣе совершенную картину взаимныхъ отношеній и развитія цѣлаго, согласно общимъ законамъ, съ которыми мы будемъ встрѣчаться всюду. Но въ настоящемъ случаѣ — для того, чтобы не изгонять внутренняго содержанія изъ предмета нашего изложенія,— мы должны здѣсь допустить, по крайней мѣрѣ какъ гипотезу, великую идею развитія, которая напрашивается сама собою, и затѣмъ, при дальнѣйшемъ собираніи фактовъ, слѣдить, по скольку послѣдніе согласуются съ нею. Итакъ, мы примемъ, что небесныя тѣла являются продуктами постепеннаго сгущенія первоначально газообразной матеріи, которая, вслѣдствіе неизбѣжнаго и постоянно идущаго впередъ охлажденія, переходитъ въ жидкое и, наконецъ, въ твердое состояніе. Такъ какъ въ существованіи холода, господствующаго въ міровомъ пространствѣ, не можетъ быть никакихъ сомнѣній, то ходъ развитія звѣздъ, въ общемъ ведущій къ ихъ охлажденію, представляется физической необходимостью. Это охлажденіе только на нѣкоторое время можетъ компенсироваться, или даже съ избыткомъ покрываться работою сжатія, какъ мы это видимъ еще и въ настоящее время на нашемъ солнцѣ. Оставляя пока въ сторонѣ звѣзды типа II b, въ спектрахъ которыхъ также появляются свѣтлыя линіи, но только благодаря временнымъ состояніямъ свѣтилъ, мы дѣйствительно найдемъ, что только у звѣздъ съ очень яркою фіолетовою частью спектра, которая уже одна свидѣтельствуетъ о высокой температурѣ, наблюдаются яркія линіи, какъ признаки весьма обширныхъ атмосферъ. Водородная атмосфера здѣсь еще вполнѣ преобладаетъ въ общемъ характерѣ свѣтила. Послѣ нѣкотораго охлажденія оно переходитъ въ стадію желтой звѣзды, къ которымъ относится и наше солнце, находящееся на средней ступени развитія. Атмосфера становится меньше, охлаждается, оболочка изъ металлическихъ паровъ все болѣе и болѣе выступаетъ на поверхность. Продукты охлажденія, въ частности на нашемъ центральномъ свѣтилѣ мы называемъ ихъ солнечными пятнами, увеличиваются въ количествѣ и затемняютъ поверхность свѣтила, причемъ свѣтъ, испускаемый свѣтиломъ, становится все болѣе и болѣе краснымъ. Образуются химическія соединенія, и со временемъ получается жидкая масса съ плавающими на ней шлаками; звѣзда перестаетъ свѣтить: по своему физическому состоянію, она изъ стадіи солнца переходитъ въ стадію планеты.

Располагая теперь съ точки зрѣнія развитія нашъ громадный матеріалъ, чтобы сохранить въ немъ внутреннюю связь, мы должны вновь оставить пока въ сторонѣ неподвижныя звѣзды и обратиться къ тѣмъ міровымъ образованіямъ, которыя состоятъ изъ одной атмосферы, лишены свѣтящагося ядра и, слѣдовательно, даютъ въ спектрѣ только однѣ свѣтлыя линіи. Согласно только что высказанному взгляду эти свѣтила, такъ называемыя туманности, представляютъ, очевидно, самую раннюю стадію въ общемъ процессѣ сгущенія и охлажденія.

---

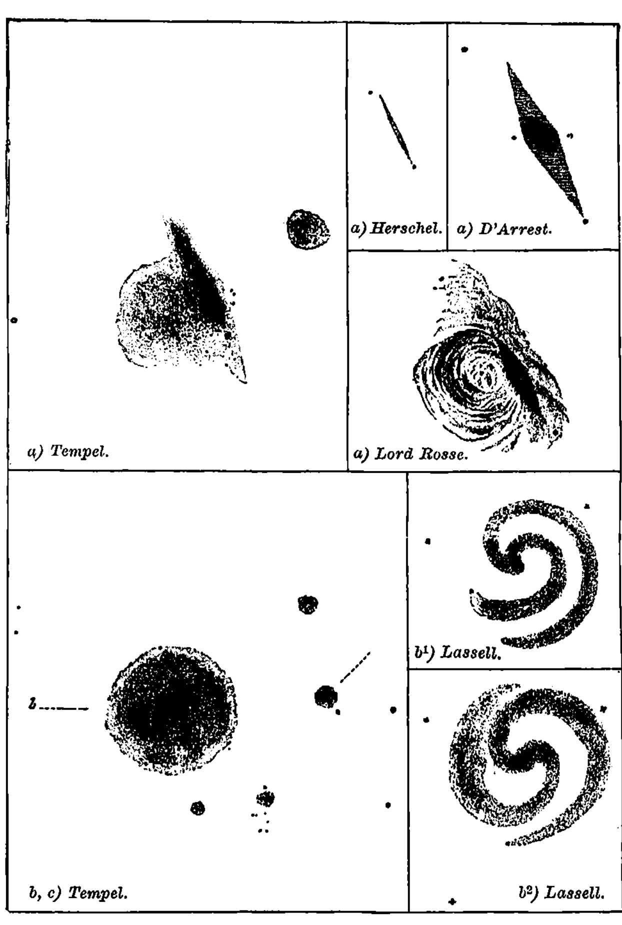
16. Туманности и звѣздныя кучи.

Изъ всѣхъ небесныхъ образованій туманности — самыя крупныя и наиболѣе разнообразныя по своему виду. Нѣкоторыя изъ нихъ такъ велики и ярки, что видимы просто глазомъ; другія, хотя также достигаютъ весьма значительныхъ размѣровъ, но до сихъ поръ обнаруживали свое существованіе только на фотографической пластинкѣ; наконецъ, третьи такъ малы, что имѣютъ видъ точекъ, какъ и неподвижныя звѣзды, и только спектроскопъ раскрываетъ ихъ исключительно газообразный характеръ. Иногда хаотически разорванное образованіе заполняетъ все поле зрѣнія сильнаго телескопа, тогда какъ иныя туманныя образованія имѣютъ столь правильную круглую и равномѣрно освѣщенную форму, что ихъ можно смѣшать съ дисками планетъ. Разнообразіе подробностей, требующихъ себѣ объясненій, ставитъ насъ и здѣсь въ затрудненіе относительно того, съ чего начать. И только идея развитія можетъ выручить насъ въ данномъ случаѣ. Если мы примемъ, что въ небесныхъ пространствахъ все подчинено порядку, какъ и у насъ на землѣ, тогда самыя безпорядочныя небесныя образованія представятся намъ, какъ наиболѣе раннія ступени развитія.

Общимъ для всѣхъ настоящихъ туманностей является только ихъ спектроскопическій характеръ: онѣ даютъ лишь нѣсколько свѣтлыхъ линій, большею частью рѣзко ограниченныхъ и раздѣленныхъ другъ отъ друга совершенно темными промежутками. (См. таблицу спектровъ при стр. 71). Многочисленныя небесныя свѣтила, которыя по всѣмъ другимъ признакамъ кажутся совершенными туманностями, но даютъ непрерывный, часто даже перерѣзанный темными линіями спектръ, необходимо считать поэтому весьма отдаленными звѣздными мірами, въ которыхъ отдѣльныхъ солнцъ мы уже не можемъ различить. Къ этимъ, такъ называемымъ неразрѣшимымъ, звѣзднымъ кучамъ мы еще вернемся. Конечно, такое подраздѣленіе могло быть сдѣлано только нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ, когда существовали уже обширные *каталоги туманностей*, въ которыхъ истинныя туманности были занесены въ перемежку съ кажущимися. Въ эти каталоги были помѣщены и несомнѣнныя звѣздныя кучи. Это насъ не должно удивлять, ибо тогда, по примѣру Гершеля старшаго, неутомимымъ изслѣдованіямъ котораго мы обязаны первымъ такимъ каталогомъ, держались того взгляда, что всѣ туманности суть въ дѣйствительности чрезвычайно отдаленныя звѣздныя кучи, которыя по той же причинѣ, какъ и нашъ Млечный путь, кажущійся просто глазу непрерывнымъ сіяніемъ, остаются неразрѣшимыми для лучшихъ современныхъ телескоповъ. Хотя такой взглядъ, какъ мы уже видѣли, послѣ спектроскопическихъ изслѣдованій оказался совершенно ошибочнымъ, однако нашлись нѣкоторыя образованія, которыя даже при изслѣдованіи въ спектроскопъ обнаруживаютъ переходный характеръ, или же вполнѣ ясно представляютъ одновременно весьма опредѣленные признаки и настоящей туманности, и звѣздной кучи. Однимъ словомъ, разнообразіе этихъ интереснѣйшихъ небесныхъ образованій, находящихся за предѣлами нашей солнечной системы, простирается до того, что отъ нихъ ко всѣмъ другимъ небеснымъ тѣламъ можно найти переходныя формы, благодаря чему здѣсь и нельзя установить опредѣленныхъ границъ.

Число туманностей и звѣздныхъ кучъ, заносимыхъ въ каталоги и другія подобныя изданія, быстро ростетъ, вмѣстѣ съ увеличеніемъ силы нашихъ современныхъ гигантскихъ телескоповъ, такъ какъ при изслѣдованіи этихъ громадныхъ и слабосвѣтящихся объектовъ величина свѣтовоспринимающаго отверстія инструмента имѣетъ рѣшающее значеніе. Чтобы

разсмотрѣть желаемыя подробности, въ большинствѣ случаевъ нужно не увеличеніе изображенія, а только усиленіе его яркости. Поэтому многія туманности показываютъ массу самыхъ неожиданныхъ деталей при разсматриваніи въ возможно большіе телескопы, но въ то же время и съ возможно малыми увеличеніями (см. также стр. 22 въ главѣ объ оптическихъ астрономическихъ инструментахъ). Всѣ изслѣдованія этой обширной области туманностей, позволяющія намъ наиболѣе глубоко заглянуть въ тайны исторіи развитія вселенной, могли поэтому начаться лишь со времени устройства перваго большого и дѣйствительно свѣтосильнаго телескопа, именно гигантскаго телескопа Вильяма Гершеля (см. рис. на стр. 25). До него было, извѣстно лишь около сотни этихъ образованій, которыя французскій искатель кометъ Мессье (Messier) нашелъ отчасти случайно при своихъ изслѣдованіяхъ. До изобрѣтенія телескопа вообще на обоихъ небесныхъ полушаріяхъ извѣстно было всего 11 такихъ образованій, тогда какъ каталогъ Гершеля старшаго заключаетъ въ себѣ уже около 2.500 нумеровъ, а каталогъ, изданный въ 1864 г. его сыномъ Джономъ Гершелемъ, въ который вошли и результаты изслѣдованія южнаго неба, насчитываетъ уже 5.079 туманностей и звѣздныхъ кучъ. Значительное число ихъ прибавилось за послѣднее время, главнымъ образомъ благодаря соревнованію большихъ американскихъ телескоповъ. Новѣйшій каталогъ туманностей Дрейера (Dreyer) содержитъ уже 7.840 нумеровъ.



Туманности по рисункамъ различныхъ наблюдателей.

Гершель старшій пытался установить подраздѣленіе туманностей на классы. Однако, вслѣдствіе незамѣтныхъ переходовъ между ними и особенно въ виду чрезвычайно измѣнчиваго характера, какой представляетъ одна и та же туманность въ инструменты различной силы, астрономы почти совершенно отказались отъ его принциповъ дѣленія, основаннаго болѣе на внѣшнихъ признакахъ; только въ разговорной формѣ сохранились обозначенія крупныхъ отдѣловъ, напр., названія неправильныхъ, планетарныхъ, спиральныхъ и кольцевыхъ туманностей.

Весьма значительныя затрудненія при изученіи туманностей представляютъ уже указанныя различія, какія встрѣчаются въ описаніяхъ и изображеніяхъ одного и того же объекта у разныхъ наблюдателей. Стоитъ

для этого лишь сравнить между собою прилагаемые рисунки. Наверху даны четыре изображенія одной и той-же туманности. Это № 4892 уже упомянутаго общаго каталога Джона Гершеля. Гершель зарисовалъ этотъ объектъ въ видѣ весьма узкой, по срединѣ нѣсколько расширенной полоски. Д'Арре сдѣлалъ изъ него правильный, рѣзко очерченный параллелограммъ съ сильнымъ сгущеніемъ въ срединѣ. Если эти два рисунка еще можно кое какъ отожествить между собою, то набросокъ лорда Росса, сдѣланный имъ при помощи его гигантскаго рефлектора въ Персонстоунѣ, вовсе непохожъ на оба первые: на немъ изображенъ большой вихреобразный придатокъ, въ которомъ видно множество интереснѣйшихъ деталей; параллелограммъ же, который первоначально только одинъ и наблюдался, представляется здѣсь лишь сгущеніемъ, имѣющимъ форму рисоваго зерна, въ срединѣ туманной массы. Наконецъ четвертый рисунокъ принадлежитъ Темпелю (Tempel), человѣку, который, главнымъ образомъ благодаря своему феноменально острому зрѣнію сдѣлался изъ простого литографа замѣчательнымъ астрономомъ; ему наука обязана цѣлымъ рядомъ интересныхъ открытій въ тѣхъ областяхъ неба, которыя стоятъ уже на границѣ человѣческаго воспріятія. Въ послѣднее время Темпель производилъ свои наблюденія подъ чистымъ небомъ Флоренціи съ превосходнымъ десятидюймовымъ рефракторомъ Амичи (Amici). На рисункѣ разсматриваемой туманности, сдѣланномъ при помощи этого инструмента, опять мы не находимъ всѣхъ тѣхъ подробностей, какія видѣлъ лордъ Россъ, остался только круглый придатокъ, рядомъ съ параллелограммомъ д'Арре.

Нижняя часть рисунка представляетъ три изображенія другой такъ называемой спиральной туманности (№ 2890 главнаго каталога). Оба правые рисунка сдѣланы Ласселемъ, астрономомъ любителемъ, устроившимъ для себя гигантскій рефлекторъ на о-вѣ Мальтѣ. Хотя оба изображенія, сдѣланныя въ разное время, нѣсколько отличаются другъ отъ друга, однако на обоихъ несомнѣнно видны однѣ и тѣ же черты двойной спирали. Сначала Лассель видѣлъ обѣ вѣтви раздѣленными, затѣмъ на концѣ одной вѣтви онъ отмѣтилъ расширяющуюся туманную массу. Темпель же видѣлъ круглую туманность, представляющую въ отдѣльныхъ мѣстахъ сгущенія, но на его рисункѣ не видно и слѣда спиральнаго характера. Если не побояться и сдѣлать на рисункѣ Темпеля нѣсколько штриховъ, то утолщенія можно, пожалуй, соединить въ вѣтви спирали Ласселя. Темпель совершенно основательно выражаетъ удивленіе, что съ одной стороны онъ видѣлъ гораздо больше Ласселя, съ другой несомнѣнно меньше: онъ увидѣлъ довольно плотную туманную матерію между вѣтвями спирали, но самой спирали не видѣлъ. Поэтому какъ въ данномъ случаѣ, такъ и въ многихъ другихъ онъ вмѣстѣ съ нѣкоторыми астрономами держится того мнѣнія, что когда наблюдаемое явленіе лежитъ на границѣ видимаго нами, то воображеніе наше само дополняетъ эти сомнительные штрихи и безсознательно вноситъ въ безпорядочныя неправильныя туманныя образованія какую нибудь понятную для насъ и желательную для насъ правильную форму. Поэтому Темпель вообще не признавалъ спиральныхъ туманностей или подобныхъ правильныхъ образованій,

Хотя нельзя не признать извѣстной справедливости за этимъ скептическимъ взглядомъ, однако новѣйшія изслѣдованія, произведенныя при помощи безпристрастной звѣздной фотографіи, достовѣрно доказали, что въ самыхъ, повидимому, безформенныхъ туманныхъ образованіяхъ видно участіе направляющихъ силъ, и что спиральныя формы, не разъ подвергавшіяся оспариванію, встрѣчаются всюду въ небесныхъ пространствахъ гораздо чаще, чѣмъ это предполагалось раньше. Авторъ этой книги имѣлъ случай неоднократно работать при благопріятныхъ условіяхъ съ лучшими оптическими инструментами новѣйшаго времени, и принадлежалъ къ числу скеп-

тиковъ, которые склонны отнести иные слишкомъ детальные рисунки нѣкоторыхъ наблюдателей къ области иллюзій; и потому онъ былъ крайне пораженъ, когда, разсматривая интереснѣйшіе астрономическіе объекты въ сильный рефракторъ Ликской обсерваторіи на горѣ Гамильтонъ, онъ съ несомнѣнной отчетливостью увидѣлъ извѣстную спиральную или правильнѣе двойную кольцевую туманность, 37 H IV Draconis. Этотъ фактъ лучше всего показалъ, до какой необычайной степени проницающая способность этого чудеснаго инструмента превосходитъ проницающую способность напр., большого вѣнскаго рефрактора, съ которымъ авторъ работалъ въ теченіе полугода; правда и поперечникъ объектива второго рефрактора меньше на 10″ (26″ вмѣсто 36″). Наблюденія товарища по путешествію, который былъ полнымъ новичкомъ въ этихъ вопросахъ и не имѣлъ никакого понятія о томъ, что онъ долженъ былъ видѣть, вполнѣ согласовались въ данномъ случаѣ съ наблюденіями автора. Но наиболѣе убѣдительное доказательство въ этомъ отношеніи дала фотографія. Чувствительную пластинку можно было въ теченіе нѣсколькихъ ночей экспонировать, подвергая дѣйствію необычайно слабаго свѣта туманныхъ пятенъ. Для нашего глаза, способнаго схватывать только свѣтовыя впечатлѣнія даннаго момента, этотъ свѣтъ или едва замѣтенъ, или же не замѣтенъ вовсе, къ тому же неспокойствіе нашей воздушной оболочки сильно препятствуетъ его наблюденію. На пластинкѣ отчетливо запечатлѣлись такія подробности, что всѣ споры должны были смолкнуть. Въ слѣдующихъ описаніяхъ мы подробнѣе остановимся на этихъ изображеніяхъ.

Въ виду слабаго свѣта большинства туманныхъ пятенъ нечего удивляться, что до сихъ поръ изслѣдовано спектроскопически только сравнительно очень малое число этихъ замѣчательныхъ образованій. Между изслѣдованными туманностями находятся, по Шейнеру, только 48, которыя, благодаря ихъ свѣтлымъ линіямъ, съ несомнѣнностью признаны за истинныя туманности, т. е. свѣтящіяся газовыя массы; онѣ приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Перечень спектроскопически изслѣдованныхъ газовыхъ туманностей (по Шейнеру).

№№ Главнаго каталога	A. R. (1870)	δ (1870)	Замѣчанія	№№ Главнаго каталога	A. R. (1870)	δ (1870)	Замѣчанія
355	$1^h\ 26^m$	$+30,0^0$	—	2017	$10^h\ 2^m$	$-39,8^0$	планетарная туман.
385, 386	1 34	+50,9	—	2076	10 14	−62,0	„
581	2 32	+ 0,5	—	2102	10 19	−18,0	„
600	2 36	− 0,6	—	2197	10 40	−58,9	η Argus
826	4 8	−13,1	планет. туман.	2343	11 7	−55,7	планетарная туман.
1179	5 28	− 5,5	туман. Оріона	2581	11 44	−56,5	
1180	5 28	− 4,9	c Orionis	2917	12 18	−18,1	—
1183	5 29	− 6,0	ι Orionis	4066	15 8	−45,2	планетарная туман.
1185	5 29	− 5,4	—	4214	16 25	+50,9	—
1225	5 35	+ 9,0	планет. туман.	4234	16 39	+24,1	планетарная туман.
1227	5 35	− 1,9	—	—	17 7	− 1,8	„ P
1269	5 40	−69,2	—	4284	17 10	−51,6	„ „
1532	7 21	+21,2	—	4302	17 21	−23,6	Кольцевая туман.
1565	7 36	−14,4	планет. туман.	4314	17 30	−23,8	—
1567	7 36	−17,9		—	17 41	−16,4	планетарная туман. P
1783	9 8	−41,9		4355	17 54	−23,0	—
1801	9 11	−36,1		4361	17 56	−24,4	—
1843	9 18	−57,8		—	17 58	−19,9	планетарная туман.

№№ Главнаго каталога	A. R. (1870)		δ (1870)	Замѣчанія	№№ Главнаго каталога	A. R. (1870)		δ (1870)	Замѣчанія
4373	17	59	+66,6	планет. туман.	—	19	29	+ 5,4	планетарная туман. P
—	18	5	—19,1	„ P	4510	19	37	—14,5	
4390	18	6	+ 6,8	„	4514	19	41	+50,2	
—	18	8	—20,3	„ „ P	—	19	46	+48,7	„ „ P
4403	18	13	—16,2	ω-туманность	4532	19	54	+22,4	туман. „Дёмббелль“
4447	18	49	+32,9	кольц. т. въ Л.	4572	20	17	+19,7	планетарная туман.
—	18	56	— 0,6	планет. туман.	4627	20	57	+54,1	—
—	19	7	+46,1	P	4628	20	57	—11,9	планетарная туман.
4487	19	12	+ 6,3		4827	22	35	+60,6	—
—	19	12	+ 1,8	P	4936	23	13	+ 7,6	—
—	19	17	+ 1,3	P	4964	23	20	+41,8	планетарная туман.
4499	19	25	+ 9,0	—					

Спектръ этихъ туманныхъ пятенъ состоитъ большей частью только изъ четырехъ свѣтлыхъ рѣзко ограниченныхъ линій, которыя для всѣхъ туманностей появляются на одномъ и томъ же мѣстѣ (см. спектральную таблицу къ стр. 333). Изъ соотвѣтствующихъ наблюденій Фогеля, Гёггинса, д'Арре и Копеленда Шейнеръ вывелъ слѣдующія среднія величины для длины волнъ этихъ линій: 500,43, 495,72. 486,09, 434,67 $\mu\mu$. Яркости этихъ линій относятся между собой, какъ числа 10, 5, 8, 1. Послѣдняя линія слѣдовательно очень слаба, и поэтому въ нѣкоторыхъ туманностяхъ совершенно отсутствуетъ. Эта линія, а также предпослѣдняя, въ 486, несомнѣнно принадлежатъ водороду, который такимъ образомъ присутствуетъ почти повсюду. Первая самая свѣтлая линія въ спектрѣ туманностей совпадаетъ съ линіей азота, но происхожденіе второй линіи въ 496, присутствующей во всѣхъ выше приведенныхъ туманностяхъ, пока еще совершенно невыяснено. Такимъ образомъ, повидимому, здѣсь свѣтовой лучъ указываетъ намъ на существованіе газа, который всюду, въ самыхъ отдаленныхъ глубинахъ вселенной, принимаетъ участіе въ образованіи міровъ. Быть можетъ, этотъ газъ является однимъ изъ тѣхъ немногихъ первичныхъ веществъ, изъ которыхъ, по мнѣнію нѣкоторыхъ современныхъ ученыхъ, произошли химическіе элементы. Согласно этому взгляду, подобныя вещества могутъ существовать въ свободномъ состояніи только въ такихъ первобытныхъ условіяхъ, уже давно пережитыхъ нашимъ міромъ, который приближается къ полной законченности и въ которомъ эти первичные атомы не могутъ уже выдѣлиться изъ своихъ крайне сложныхъ соединеній. Въ самомъ дѣлѣ необычайная простота спектра этихъ міровъ, находящихся, по общему убѣжденію, еще въ первой стадіи образованія, невольно наводитъ на эти вопросы.

Однако, эти четыре линіи не единственныя, какія были открыты въ туманностяхъ. Гёггинсъ фотографическимъ путемъ нашелъ еще рядъ другихъ линій, такъ что, по Шейнеру, число всѣхъ линій, найденныхъ до сихъ поръ въ туманностяхъ, простирается до 43. Всѣ эти линіи безъ исключенія очень слабы. Изъ нихъ двѣ тождественны съ линіями водорода, а линія, открытая Копеландомъ въ туманности Оріона, указываетъ на присутствіе гелія. Остальныя линіи, въ большинствѣ случаевъ соединенныя въ группы, имѣютъ отчасти нѣкоторое сходство съ группами линій спектра желѣза, а также магнія. Однако, ничего опредѣленнаго въ этомъ отношеніи еще не выяснено.

Хотя въ спектрѣ туманностей найдены четыре линіи водорода, однако надо принять, что этотъ элементъ, присутствующій всюду, находится тамъ

въ особомъ состояніи, очень сильно отличающемся отъ того состоянія, въ какомъ онъ извѣстенъ намъ. Именно, какъ разъ самая яркая изъ всѣхъ водородныхъ линій, которыя наблюдаются въ лабораторіи, фраунгоферова линія C, совершенно отсутствуетъ въ спектрѣ туманностей, а такъ какъ мы уже знаемъ, что измѣненія въ яркости линій одного и того же спектра являются слѣдствіемъ значительнаго измѣненія физическихъ состояній, то въ данномъ случаѣ мы и должны ихъ допустить.

Приведенный выше перечень истинныхъ туманностей заключаетъ преимущественно неправильныя и затѣмъ „планетарныя" туманности. Послѣднія названы такъ потому, что своимъ видомъ напоминаютъ круглые, довольно равномѣрно освѣщенные диски планетъ, по крайней мѣрѣ, самыхъ отдаленныхъ, на поверхности которыхъ нельзя уже различить никакихъ подробностей. Видимые поперечники дисковъ туманностей большей частью очень малы. Въ одиннадцати случаяхъ, противъ которыхъ въ перечнѣ стоитъ P, туманности кажутся въ телескопъ лишенными поперечника, подобно звѣздамъ, и только спектроскопъ обнаруживаетъ, что это свѣтящіяся туманныя массы. Эти одиннадцать случаевъ разъяснены спектроскопически Пикерингомъ.

Замѣчательно, что обѣ формы туманностей, стоящія на противоположныхъ концахъ ряда этихъ образованій, именно, совершенно неправильныя и наиболѣе симметричныя, т. е. шарообразныя, оказываются газообразными тѣлами, т. е. въ физическомъ отношеніи стоятъ еще на самой нижней ступени развитія, тогда какъ на промежуточныхъ формахъ гораздо чаще наблюдаются сгущенія въ настоящія звѣзды, дающія сплошной спектръ. Хольденъ поэтому полагаетъ, что очень многія планетарныя туманности кажутся такими правильными только потому, что онѣ слишкомъ удалены отъ насъ, и мы видимъ только наиболѣе плотную часть ихъ, которая и на большихъ неправильныхъ туманностяхъ, напр., на туманности Оріона, также имѣетъ приблизительно округленную форму. По крайней мѣрѣ Хольденъ при помощи своего знаменитаго телескопа, отличающагося выдающейся проницающей способностью, подмѣтилъ внутри нѣкоторыхъ планетарныхъ туманностей большія неправильности, которыя и навели его на это предположеніе. Тогда звѣздныя туманности Пикеринга должны представлять самый крайній случай подобной кажущейся правильности, зависящей отъ разстоянія.

Въ этомъ отношеніи очень чувствительно отзывается наше полное незнаніе разстояній, на какихъ находятся туманности. Уже при неподвижныхъ звѣздахъ, которыя, какъ точки, представляютъ прекрасный случай для измѣренія самыхъ ничтожныхъ видимыхъ перемѣщеній, затрудненія въ данномъ случаѣ почти непреодолимы. Только опираясь на эти видимыя движенія, которыя въ дѣйствительности представляютъ результатъ нашего собственнаго обращенія вокругъ солнца, можно опредѣлить эти разстоянія съ точностью. Движенія неподвижныхъ звѣздъ уже крайне малы. Туманности же не даютъ совершенно никакихъ опорныхъ пунктовъ для столь тонкихъ измѣреній. Мы видѣли ранѣе, что при измѣненіи условій наблюдаются разнообразныя измѣненія въ формѣ одной и той же туманности. Поэтому при измѣреніяхъ, которыя должны длиться мѣсяцы и даже годы, чтобы можно было установить съ достаточной достовѣрностью минимальныя періодическія перемѣщенія, нельзя съ надлежащей точностью во второй разъ отыскать ту точку даннаго предмета, которая служила опорнымъ пунктомъ прежде. Происходящія отсюда ошибки совершенно затемняютъ результаты измѣреній.

Въ виду этого для разстоянія туманностей мы можемъ установить только низшіе предѣлы, которые мы должны были уже принять для неподвижныхъ звѣздъ. Слѣдовательно, туманности находятся самое меньшее на такомъ же разстояніи отъ насъ, какъ и неподвижныя звѣзды, а, вѣроятно,

даже еще гораздо дальше. По крайней мѣрѣ, необходимо это допустить для тѣхъ звѣздныхъ кучъ, въ которыхъ свѣтящіяся точки сближены между собою столь тѣсно, что получается впечатлѣніе истинныхъ туманностей. Иначе придется принять, — хотя и безъ особыхъ основаній, — что въ этихъ образованіяхъ солнца и на самомъ дѣлѣ сближены между собою гораздо больше, чѣмъ въ другихъ областяхъ мірозданія. Такъ какъ есть много туманностей, гдѣ наблюдаются вмѣстѣ съ тѣмъ тѣсно сближенныя настоящія звѣзды, то наше соображеніе примѣнимо и къ такимъ туманностямъ.

Нѣкоторыя туманности, особенно неправильныя, имѣютъ очень большіе видимые размѣры, которые, какъ мы уже указали, далеко превосходятъ размѣры всѣхъ другихъ постоянныхъ небесныхъ свѣтилъ. Здѣсь мы приводимъ размѣры шести самыхъ большихъ туманностей, по даннымъ Литтрова и Вейса.

Туманности	A. R.	Склоненія	Квадратные градусы
Въ созв. Рыбъ	$0^h\ 17^m$	$+\ 4^0\ 0'$	7,6
Въ созв. Андромеды	0 40	+43 21	8,6
Въ созв. Возничаго	5 16	+25 0	3,4
Въ созв. Оріона.	5 35,3	— 4 34	4,6
Въ созв. Волопаса	14 0,3	+34 1	1,6
Въ созв. Водолея	20 1,7	— 2 23	4,1

Большая туманность Андромеды занимаетъ на небесномъ сводѣ площадь, которая болѣе, чѣмъ въ тридцать разъ, превосходитъ площадь солнца. Если взять низшій предѣлъ для ея разстоянія отъ насъ, т. е. допустить, что она удалена отъ насъ на столько же, какъ неподвижныя звѣзды первой величины, значитъ круглымъ числомъ на 200,000 солнечныхъ разстояній, то площадь только одного этого таинственнаго образованія должна быть въ 200,000×30, т. е. въ шесть милліоновъ разъ больше нашего солнца. Намъ уже извѣстно, что громадные размѣры этого свѣтила, не поддающіеся нашему воображенію, представляютъ значительныя затрудненій даже для числовыхъ опредѣленій, такъ какъ превышаютъ всякое сравненіе съ землею. Итакъ, здѣсь передъ нами — пространства цѣлыхъ міровыхъ системъ, не менѣе, а скорѣе болѣе обширныхъ, чѣмъ наше планетное царство, считая до его крайнихъ предѣловъ, гдѣ рой кометъ, подчиняясь вліянію солнца, начинаетъ свое обратное къ нему движеніе, — и эти пространства выполнены смѣсью газовъ, которые несомнѣнно находятся въ состояніи крайней разрѣженности. Быть можетъ, и свѣченіе ихъ происходитъ отъ этой разрѣженности, а не отъ того, что газы накалены, какъ полагали прежде. Теперь мы знаемъ, что существуютъ физическія состоянія, въ которыхъ газъ при очень высокой разрѣженности способенъ въ извѣстныхъ условіяхъ свѣтиться, какова бы ни была его температура. Этимъ свойствомъ газовъ объясняются несомнѣнно сѣверныя сіянія, а также вѣроятно и свѣченіе кометныхъ хвостовъ.

Недавно Вольфъ въ Гейдельбергѣ, а позднѣе и другіе, при помощи обычныхъ фотографическихъ аппаратовъ, которые въ данномъ случаѣ представляютъ двойную выгоду, соединяя большое поле зрѣнія съ большой свѣтосилой, открыли туманныя дымки, имѣющія размѣры цѣлыхъ созвѣздій (см. стр. 59). Такія дымки невольно приводятъ къ мысли, что вся вселенная должна быть выполнена особаго рода веществомъ, міровымъ эфиромъ, который въ извѣстныхъ областяхъ обладаетъ большей плотностью, чѣмъ въ другихъ. Если эти необычайно тонкія туманныя дымки включить въ нашъ рядъ развивающихся міровъ, то ихъ надо считать первою ступенью развитія и поставить впереди свѣтлыхъ неправильныхъ туманностей, также имѣющихъ значительные размѣры. Такимъ образомъ мы приходимъ

къ предположенію, что эти міры постепенно стягиваются въ шаровыя тѣла изъ той эфирной матеріи, которая является носителемъ свѣтовыхъ волнъ, подобно тому, какъ нашъ земной воздухъ является носителемъ звука. Здѣсь мы вполнѣ ясно видимъ слѣдующій законъ: наибóльшими размѣрами обладаютъ самыя слабосвѣтящіяся туманныя образованія. Въ нихъ эфиръ долженъ быть всего разрѣженнѣе; ибо если бы свѣтъ зависѣлъ здѣсь исключительно отъ неизвѣстныхъ намъ разстояній, то ихъ вліяніе должно бы проявиться въ обратномъ смыслѣ, т. е. слабѣе свѣтящимися должны бы казаться малыя туманности, въ среднемъ болѣе удаленныя отъ насъ. На самомъ дѣлѣ оказывается обратное: неправильныя туманности малыхъ размѣровъ обыкновенно тѣмъ ярче, чѣмъ онѣ меньше; тоже самое наблюдается и на правильныхъ образованіяхъ этого рода. Итакъ, сдѣлавъ одно только допущеніе, что видимыя на небѣ образованія подобнаго рода суть отдѣльныя ступени одного и того же правильно протекающаго процесса развитія, мы, опираясь на наблюденія, должны придти къ тому заключенію, что эти міры постепенно сгущаются изъ очень тонкой матеріи, находящейся повсюду во вселенной.

Въ связи съ этой идеей развитія весьма вѣроятно стоитъ и тотъ наблюдаемой фактъ, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ неба скопляется много отдѣльныхъ туманностей, образуя такъ называемыя туманныя гнѣзда. Если на такія мѣста, которыя особенно часто встрѣчаются въ созвѣздіи Дѣвы, направить очень сильный телескопъ и затѣмъ установить его неподвижно, такъ чтобы отдѣльныя части неба вслѣдствіе суточнаго движенія проходили черезъ поле зрѣнія, то обыкновенно не проходитъ и полчаса, какъ передъ нашими глазами появляется малая или большая туманность. Оказывается, что, за исключеніемъ нѣсколькихъ большихъ пробѣловъ, широкая цѣпь туманныхъ пятенъ тянется почти перпендикулярно къ Млечному пути. Начинаясь отъ созвѣздія Дѣвы, эта цѣпь идетъ черезъ Большую Медвѣдицу, пересѣкаетъ Млечный путь около Кассіопеи и проходитъ черезъ созвѣздіе Андромеды къ Центавру. По всей вѣроятности эта цѣпь на южномъ полушаріи, еще не достаточно изслѣдованномъ, замыкается въ полное кольцо, которое можно было бы назвать Млечнымъ путемъ туманныхъ пятенъ. На отдѣльныя туманныя гнѣзда, которыя здѣсь какъ бы соединяются въ одну чрезвычайно большую систему, можно смотрѣть двояко или это одна сложная большая неправильная туманность, свѣтовыя сгущенія которой кажутся намъ отдѣльными туманностями, а свѣтъ промежуточной туманной матеріи, вслѣдствіе большого разстоянія, слишкомъ слабъ, чтобы мы могли его видѣть, или можно предполагать, что процессъ сгущенія подвинулся здѣсь уже на столько, что первоначальная туманность распалась на совершенно самостоятельныя образованія.

Отъ этихъ сложныхъ туманностей только одинъ шагъ до двойныхъ туманностей, которыя встрѣчаются на небѣ гораздо чаще, чѣмъ это надо ждать на основаніи теоріи вѣроятностей, при условіи, что въ среднемъ туманности равномѣрно распредѣлены въ пространствѣ. Позднѣе при двойныхъ звѣздахъ мы встрѣтимъ такое же явленіе, и въ обоихъ случаяхъ надо допустить, что эта близость не случайная, т. е. не только оптическая, при которой два предмета стоятъ на самомъ дѣлѣ далеко другъ отъ друга, но что въ данномъ случаѣ туманности дѣйствительно находятся рядомъ и физически связаны между собою. Если это такъ, то съ теченіемъ времени обѣ туманности должны обнаруживать вліяніе другъ на друга и совершать движенія вокругъ общаго центра тяжести. Но изученіе этихъ далекихъ міровъ еще слишкомъ ново, чтобы можно было рѣшать подобнаго рода вопросы. Только на одной изъ этихъ двойныхъ туманностей, на AR $7^h 99^m$, D + 29° 41′ въ Близнецахъ, по свидѣльству д'Арре, ему какъ будто удалось замѣтить слѣды орбитальнаго движенія. Понятно, что еще труднѣе

опредѣлить собственныя движенія отдѣльныхъ туманностей. Попытки въ этомъ направленіи дали отрицательный результатъ.

Всѣ неподвижныя звѣзды обладаютъ собственнымъ движеніемъ; поэтому, руководясь средней величиной собственныхъ движеній звѣздъ и туманностей, можно судить о разстояніи тѣхъ и другихъ. Можно допустить, что въ дѣйствительности видимое собственное движеніе всѣхъ небесныхъ свѣтилъ, находящихся отъ насъ на одномъ и томъ же разстояніи, въ среднемъ одинаково. Такимъ образомъ, если бы туманности обнаруживали меньшее движеніе, чѣмъ неподвижныя звѣзды, то это доказывало бы, что онѣ дальше отъ насъ, и потому тотъ же путь, проходимый ими, кажется намъ меньше. Что на самомъ дѣлѣ движеніе туманныхъ пятенъ такого же порядка, какъ и движеніе неподвижныхъ звѣздъ, показалъ въ самое послѣднее время Килеръ при помощи спектроскопическихъ наблюденій съ ликскимъ рефракторомъ. На какомъ бы неизмѣримо далекомъ разстояніи ни находились отъ насъ эти свѣтила, но свѣтовой лучъ, идущій отъ нихъ, долженъ увеличивать или уменьшать длину своихъ волнъ, смотря по тому, движется ли туманность къ намъ или отъ насъ. Килеръ измѣрялъ разстояніе самой свѣтлой линіи въ спектрѣ туманностей, въ 500,6, отъ искусственно полученной магнезіальной линіи и нашелъ, что въ различныхъ туманностяхъ положеніе ея нѣсколько смѣщается. Правда, въ данномъ случаѣ нельзя вычислять на основаніи этого смѣщенія абсолютныя скорости движенія по лучу зрѣнія, такъ какъ нельзя быть увѣреннымъ, что спектральная линія туманностей, смѣщеніе которой наблюдается, соотвѣтствуетъ искусственно полученной, неподвижной линіи. Но если допустить, что среднее изъ всѣхъ измѣренныхъ положеній этой линіи соотвѣтствуетъ состоянію покоя, т. е. что движеніе всѣхъ изслѣдованныхъ туманностей не имѣетъ въ пространствѣ какого либо предпочтительнаго направленія, то отклоненіе каждаго отдѣльнаго наблюденія отъ средняго положенія линіи дастъ искомое собственное движеніе, по крайней мѣрѣ, приблизительно.

Килеръ до сихъ поръ изслѣдовалъ подобнымъ образомъ только десять туманностей, и нашелъ, что ихъ собственныя движенія по лучу зрѣнія, какъ въ среднихъ, такъ и въ крайнихъ величинахъ, совершенно одинаковы съ собственными движеніями неподвижныхъ звѣздъ. Именно, средняя величина скорости равна около 21 клм. въ секунду. Самымъ быстрымъ движеніемъ обладаетъ туманность, № 4373 главнаго каталога, приближающаяся къ намъ со скоростью 47 клм. въ секунду, и № 6790, удаляющаяся отъ насъ на 58,5 клм. въ секунду. Этотъ фактъ нужно считать величайшимъ торжествомъ нашихъ современныхъ методовъ изслѣдованія: благодаря имъ, мы можемъ измѣрять земными мѣрами движенія этихъ отдаленнѣйшихъ міровъ, хотя ихъ перемѣщенія въ пространствѣ навсегда останутся скрыты отъ нашихъ непосредственныхъ наблюденій.

Но какъ ни важенъ этотъ результатъ, полученный Килеромъ, онъ, къ сожалѣнію ничего не говоритъ намъ объ истинномъ *разстояніи* туманностей отъ насъ; а было бы очень желательно найти для этой величины опорный пунктъ. Въ виду такой полной неопредѣленности въ этомъ направленіи, достоинъ замѣчанія опытъ Вильзинга въ Потстдамѣ. Онъ сдѣлалъ попытку при помощи фотографіи установить для одной туманности тѣ незначительныя перспективныя смѣщенія, которыя обнаруживаются въ теченіе года между двумя неодинаково удаленными небесными тѣлами, какъ результатъ перемѣщенія земли въ пространствѣ при ея обращеніи вокругъ солнца. Эти смѣщенія астрономы называютъ *годичнымъ параллаксомъ* звѣзды. Вильзингъ фотографировалъ одну такую туманность съ окружающими ее звѣздами 34 раза съ іюня 1892 г, до іюня 1893. Затѣмъ самымъ тщательнымъ образомъ онъ измѣрилъ на каждомъ снимкѣ положеніе туман-

ности относительно двухъ сосѣднихъ звѣздъ одиннадцатой величины. Измѣреніе на пластинкѣ является въ этомъ случаѣ, безъ сомнѣнія, болѣе точнымъ, чѣмъ измѣреніе непосредственное. Хотя этимъ способомъ и нельзя найти истинное разстояніе туманностей, такъ какъ разстояніе обѣихъ звѣздъ намъ также неизвѣстно, за то по крайней мѣрѣ на основаніи перспективныхъ смѣщеній, если таковыя удалось бы открыть, можно бы рѣшить, какой объектъ дальше удаленъ отъ насъ. Вильзингъ дѣйствительно нашелъ для туманности такъ называемый отрицательный параллаксъ (— 0,083″ по отношенію къ одной звѣздѣ и — 0,172″ по отношенію къ другой). Такимъ образомъ если оба эти очень незначительные угла отвѣчаютъ дѣйствительности, то туманность должна находиться отъ насъ дальше, чѣмъ сравниваемыя звѣзды, которыя, вслѣдствіе ихъ очень слабаго свѣта, надо отнести уже къ послѣднимъ предѣламъ доступнаго намъ міра неподвижныхъ звѣздъ.



Посохъ Іакова и туманность Оріона, по фотографіи Рёсселя въ Сиднеѣ. См. стр. 347.

Очень страннымъ и пока еще не выясненнымъ остается то явленіе, что нѣкоторыя туманности какъ будто подвержены колебаніямъ въ яркости; тѣ объясненія, какія принимаются для измѣненія многихъ неподвижныхъ звѣздъ, здѣсь не приложимы. Извѣстно приблизительно десять случаевъ такихъ перемѣнныхъ туманностей, однако не всѣ ихъ можно считать несомнѣнными. Это будетъ понятно, если принять въ разсчетъ, что часто одна и та же туманность представляется въ очень различной формѣ. Но если извѣстный предметъ былъ виденъ хорошо въ несовершенные инструменты, а затѣмъ оказывался постепенно все болѣе и болѣе слабымъ, несмотря на то, что для наблюденія примѣнялись все лучшіе и все болѣе свѣтосильные телескопы, какъ это произошло, напр., съ туманностью въ Гіадахъ, (AR 4^h 16^m, D + 19^0 87′), открытой въ 1852 г. Хайндомъ (Hind), то не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что ослабленіе свѣта происходитъ въ дѣйствительности.

Впрочемъ, и въ данномъ случаѣ нельзя еще сразу согласиться съ

послѣднимъ выводомъ, если вспомнить то, что сказано было раньше о телескопѣ. Одновременно съ примѣненіемъ большихъ объективовъ приходилось прибѣгать къ большимъ увеличеніямъ. Но въ такомъ случаѣ иногда очень слабый свѣтъ туманностей долженъ распредѣляться на слишкомъ большой поверхности, и не можетъ уже производить впечатлѣніе на нашу



Туманность Оріона, по фотографіи Дрепера, полученной въ 1882 г. См. стр. 347.

сѣтчатку. Вслѣдствіе этого для большихъ слабосвѣтящихся туманностей малые телескопы съ малымъ увеличеніемъ, но обладающіе большимъ полемъ зрѣнія имѣютъ неоспоримое преимущество. Это обнаружилось особенно при изслѣдованіяхъ, предпринятыхъ съ цѣлью отысканія большой туманности около звѣзды Меропе въ Плеядахъ. Темпель первый видѣлъ этотъ интересный объектъ въ небольшой маленькій двухдюймовый ручной телескопъ, который онъ завелъ себѣ изъ любознательности, будучи въ то время еще мальчикомъ въ одной литографіи въ Венеціи. Но такъ какъ опытные астрономы въ свои сильные телескопы не могли открыть и слѣда туманности, то надо было заключить, что Темпель очевидно ошибся. Однако, позднѣе другіе наблюдатели видѣли на этомъ мѣстѣ, по крайней мѣрѣ, слабое мерцаніе, наконецъ, на Ямайкѣ оказался опять одинъ любитель астро-

номіи, который очень ясно увидѣлъ спорный предметъ въ четырехъ дюймовый телескопъ. Тогда рѣшили, что сила свѣта этой туманности мѣняется, хотя вѣроятнѣе всего, что въ данномъ случаѣ причина лежитъ въ различіи увеличеній, какія примѣнялись.

То же самое произошло съ извѣстными такъ называемыми туманными звѣздами, которыя приводитъ въ своемъ каталогѣ Гершель. На поверхностный взглядъ онѣ не отличаются отъ неподвижныхъ звѣздъ; однако онѣ окружены значительной, очень слабо свѣтящейся туманной атмосферой, которая снаружи очерчена довольно отчетливо. Послѣ великаго астронома большинство наблюдателей не могли больше найти этихъ образованій. Однако, авторъ этой книги въ Женевѣ при помощи десятидюймоваго телескопа убѣдился въ томъ, что дѣйствительно при полномъ отверстіи объектива эти предметы не видны, но, если отверстіе извѣстнымъ образомъ уменьшить, и взять опредѣленное увеличеніе, то они становятся очень отчетливыми. Въ этомъ случаѣ, повидимому, играетъ нѣкоторую роль общая яркость небеснаго фона; которая не испытываетъ измѣненій, какъ изображеніе свѣтящагося предмета параллельно съ измѣненіемъ количества свѣта, пропускаемаго черезъ отверстіе объектива, или съ перемѣною увеличенія. При извѣстныхъ условіяхъ не замѣчается разницы между яркостью небеснаго фона, отъ котораго, какъ извѣстно, идетъ къ намъ свѣтъ даже ночью, и яркостью соотвѣтственнаго очень слабосвѣтящагося объекта; они совершенною сливаются другъ съ другомъ. Если же количество свѣта, пропускаемаго объективомъ, уменьшить, оставивъ тоже увеличеніе, то эта разница можетъ возрасти и предметъ станетъ виденъ.



Рисунокъ туманности Оріона, сдѣланный Ле-Жантилемъ въ 1758 г. См. стр. 347.

Изъ этихъ соображеній достаточно ясно, какъ трудно сказать что либо опредѣленное относительно измѣняемости туманностей. Однако, въ одномъ или двухъ случаяхъ періодическое колебаніе замѣчалось несомнѣнно. Одна изъ этихъ тумамностей находится въ Китѣ подъ AR 2^h 26^m, D — 1^0 32′. Одинъ и тотъ же наблюдатель (Шенфельдъ) съ однимъ и тѣмъ же инструментомъ и при благопріятныхъ условіяхъ атмосферы сначала не видѣлъ ея совершенно, а въ другой разъ видѣлъ безъ всякаго труда. Къ ней же относятся еще наблюденія д'Арре, Фогеля и Виннеке; изъ нихъ послѣдній впервые указалъ на измѣняемость. Другая туманность въ Львѣ указана была старшимъ Гершелемъ, какъ очень яркая, а младшій черезъ нѣсколько лѣтъ (1830) назвалъ ее слабой. Спустя десять лѣтъ она была, по словамъ Богуславскаго, опять очень яркой, въ 1846 г. казалась Винеке довольно яркой, 1863 г. д'Арре нашелъ ее слабой, и наконецъ въ 1878 и 1879 гг. Виннеке нашелъ ее снова болѣе яркой. Эта туманность заслуживаетъ дальнѣйшихъ наблюденій. Въ послѣднее время Бернердъ и Бигурданъ обратили вниманіе на подобные же случаи перемѣнныхъ туманностей.

Познакомившись въ общихъ чертахъ съ главными свойствами туманностей, мы разсмотримъ теперь нѣкоторыя изъ нихъ въ отдѣльности въ той послѣдовательности, какую подсказываетъ предполагаемый нами процессъ развитія этихъ образованій. Обратимся прежде всего къ интереснѣйшей



 Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

ТУМАННОСТЬ ОРІОНА.

(По рисункамъ, сдѣлан. въ Вашингтонѣ въ 1859—63 г.)

изъ всѣхъ неправильныхъ туманностей, къ туманности въ поясѣ Оріона (AR $5^h\ 30^m$, $D - 5^0\ 57^1$). Когда въ наши осеннія или зимнія ночи это чудное созвѣздіе поднимется достаточно высоко надъ горизонтомъ, то внимательный глазъ легко можетъ отыскать эту туманность, какъ разъ между тремя болѣе замѣтными звѣздами, которыя представляютъ поясъ Оріона, а также называются Посохомъ Іакова. Замѣчательно, что этотъ объектъ, легко видимый просто глазомъ, повидимому, открытъ былъ только въ телескопъ. О нёмъ упоминаетъ впервые Сиза (Cysat) въ 1620 г. Первое болѣе подробное описаніе его сдѣлано было Гюйгенсомъ въ 1659 г.; съ тѣхъ поръ эта туманность описывалась и изображалась многими другими астрономами; а нѣсколько лѣтъ тому назадъ Хольденъ издалъ о ней обширную монографію. Собранныя въ этой монографіи рисунки туманности въ хронологическомъ порядкѣ даютъ новое интересное доказательство того, какъ различно можетъ представляться одинъ и тотъ же объектъ различнымъ наблюдателямъ.

Чтобы облегчить отысканіе туманности въ телескопъ, мы даемъ на стр. 344 фотографію соотвѣтственной части неба, снятую Рёсселемъ въ Сиднеѣ въ 1890 г. Внизу видны три звѣзды второй величины Посоха Іакова, направо вверху еще звѣзда второй величины, представляющая ногу Оріона. Средину изображенія занимаетъ туманность. Свѣтлыя облакообразныя пятна слѣва надъ Посохомъ Іакова являются результатомъ недостатка пластинки, которую при фотографированіи звѣздъ обыкновенно никогда не ретушируютъ.

Первая фотографія туманности Оріона была снята Дреперомъ 30 сентября 1880 г. въ телескопъ съ отверстіемъ въ 28 см., при экспозиціи въ 51 минуту. Въ мартѣ 1882 г. Дреперъ получилъ при экспозиціи въ 137 минутъ фотографію, данную на стр. 345. Однако ни эта, ни лучшія фотографіи послѣдняго времени и даже лучшіе рисунки не могутъ дать и приблизительнаго представленія о томъ поразительномъ впечатлѣніи, какое производитъ этотъ удивительный объектъ въ самые сильные оптическіе инструменты нашего времени. Мы видимъ передъ собою запутанную смѣсь самыхъ странныхъ образованій, не поддающихся никакому описанію: ярко свѣтящіяся области, въ которыхъ при спокойномъ состояніи воздуха мерцаетъ множество свѣтлыхъ точекъ. Эти области перерѣзаны системой темныхъ каналовъ, которые разсѣкаютъ туманную массу на отдѣльныя части, иногда отличающіяся удивительной правильностью: треугольники, четыреугольники и т. п. Одна темная область съ внутренней стороны туманности, ограниченная почти въ формѣ правильнаго четыреугольника, вдается съ восточной стороны очень замѣтно въ свѣтящуюся массу, такъ что уже въ 1758 г. она была изображена схематически Ле-Жантилемъ въ томъ видѣ, какъ это представлено на стр. 346. Среди этого хаотическаго сплетенія деталей разбросаны звѣзды, имѣющія иногда размѣры самыхъ мельчайшихъ точекъ. Четыре самыхъ замѣчательныхъ звѣзды, образующія форму Трапеціи, лежатъ нѣсколько позади описаннаго темнаго отверстія, которое иногда называютъ Зѣвомъ Льва (см. нашу таблицу къ стр. 347). Вокругъ Трапеціи лежитъ тусклая свѣтящаяся область. На нѣкоторыхъ, особенно болѣе яркихъ звѣздахъ, замѣтно какъ будто онѣ отчасти поглотили окружающую ихъ туманную матерію. Средняя, очень яркая область окружена слабой туманной дымкой необычайно большихъ размѣровъ, доходящей, по послѣднимъ наблюденіямъ, даже до Плеядъ, удаленныхъ на 20^0. Внутренняя часть имѣетъ форму почти правильнаго прямоугольнаго треугольника; она названа областью Гюйгенса. Замѣчательно, что въ ней наблюдается параллелизмъ съ Трапеціей, лежащей отъ нея къ сѣверовостоку; именно параллельныя стороны послѣдней имѣютъ тоже самое направленіе, какъ одна изъ сторонъ треугольника Гюйгенса. Вторая сторона треугольника идетъ также почти параллельно соотвѣтствующей сторонѣ Тра-

пеціи, и даже противолежащая этой сторона Трапеціи какъ будто отражается на прямолинейной границѣ области Гюйгенса.

На прекрасномъ рисункѣ, который сдѣланъ въ 1859—63 гг. съ большимъ вашингтонскимъ рефракторомъ и теперь еще принадлежитъ къ числу лучшихъ, эти детали найти не трудно (см. прилагаемую таблицу). Далѣе на этомъ рисункѣ очень ясно можно видѣть, что окрестныя слабыя туманныя массы идутъ отъ центральнаго треугольника въ видѣ разнообразно изогнутыхъ отростковъ и лучей. Онъ направляетъ въ пространство очень длинные выступы, которые, очевидно, стоятъ въ генетической связи съ ядромъ туманности. Въ изгибахъ этихъ отростковъ замѣчается правильность: если вершину треугольника Гюйгенса повернуть вверхъ, то всѣ вѣтви, выходящія изъ него слѣва, поворачиваются направо, а всѣ правыя налѣво. Если на вашингтонскомъ рисункѣ представить вѣтви удлиненными въ указанномъ смыслѣ, то нѣкоторыя изъ нихъ должны встрѣтиться справа и слѣва далеко надъ треугольникомъ. На новыхъ фотографическихъ снимкахъ, дѣйствительно, наблюдаются такія соединенія. Туманность имѣетъ тогда видъ огромнаго перстня съ печатью.

Изъ этого бѣглаго описанія достаточно ясно видно, что, строго говоря, мы не можемъ причислять туманности Оріона къ совершенно неправильнымъ образованіямъ этого рода. Если на первый взглядъ она кажется хаотически-безпорядочнымъ скопленіемъ газовыхъ массъ, то при ближайшемъ изслѣдованіи можно замѣтить въ ней могучую работу устрояющихъ силъ природы, которыя уже вносятъ въ этотъ неизмѣримо громадный міръ первыя основныя черты устройства.

Съ глубокимъ изумленіемъ читаемъ мы въ этихъ связныхъ чертахъ, что одинъ общій законъ сдерживаетъ и упорядочиваетъ эти нестройныя туманныя массы, атомная ткань которыхъ, вѣроятно, такъ безконечно разрѣжена, что нашъ воздухъ, по сравненіи съ нею, представляетъ какъ бы вязкую, смолообразную массу. Хотя намъ и трудно представить себѣ, каковъ тотъ законъ, благодаря которому въ этомъ образованіи возникаетъ порядокъ, однако, въ немъ нельзя отрицать одного стремленія, именно, стремленія къ вращенію всей этой массы, которое заставляетъ выступы изгибаться, а цѣлому придаетъ видъ спиральной или даже кольцевой туманности. Итакъ, мы видимъ, что въ этой наиболѣе своеобразной изъ всѣхъ туманностей уже замѣчаются начатки всѣхъ ступеней развитія, которыя въ другихъ туманностяхъ наблюдаются въ отдѣльности. Дѣйствительно, во многихъ мѣстахъ въ хаосѣ газовыхъ массъ нельзя еще обнаружить участія упорядочивающей силы. Въ другихъ же мѣстахъ, именно тамъ, гдѣ свѣтящіяся пространства прорѣзаны каналами, матерія начинаетъ уже стягиваться въ отдѣльные узлы, которые въ будущемъ, можно думать, станутъ центрами образованія отдѣльныхъ звѣздъ или звѣздныхъ группъ. Въ Трапеціи это развитіе уже закончено: главная масса туманной матеріи въ этой области уже сгустилась въ звѣзды; поэтому самая туманность обладаетъ здѣсь замѣтно болѣе слабымъ свѣтомъ. Можно, пожалуй, возразить, что объ истинномъ отношеніи Трапеціи къ туманности неизвѣстно ничего достовѣрнаго, ибо четыре маленькихъ звѣзды, къ которымъ въ сильные телескопы присоединяются еще двѣ, въ дѣйствительности, можетъ быть, находятся далеко впереди туманности и не имѣютъ съ нею никакой физической связи. Если же положеніе звѣздъ по отношеніи къ областямъ туманности оказывается симметричнымъ, какъ это описано выше, то это можетъ быть чистой случайностью. Хотя такое совпаденіе уже не вѣроятно само по себѣ, оно кромѣ того опровергается и спектральнымъ анализомъ, который съ достовѣрностью показалъ, что Трапеція и туманность стоятъ въ физической связи между собою. Очень цѣнныя изслѣдованія въ этомъ отношеніи произвели при помощи фотографическаго метода Кемпбелль и Килеръ, въ

Ликской и Алегенской обсерваторіяхъ. Въ слѣдующей таблицѣ мы приводимъ найденныя ими длины волны различныхъ линій этой туманности. Надъ первымъ и вторымъ столбцомъ указаны имена наблюдателей, результатъ которыхъ мы приводимъ здѣсь отдѣльно съ тою цѣлью, чтобы наглядно показать точность, съ какою теперь можно выполнять измѣренія этого рода.

Свѣтлыя линіи въ спектрѣ туманности Оріона по Кемпбеллю и Килеру.

Кемпбелль	Килеръ	Линіи	Кемпбелль	Килеръ	Линіи
500,7	500,71	I. линія туман.	410,2	410,10	H_δ очень яркая
495,9	495,90	II. линія туман.	406,7	406,9	яркая
486,1	486,15	H_β очень яркая	402,6	402,6	яркая
471,6	471,6	яркая	396,9	397,00	H_ε очень яркая
466,2	466	яркая	388,9	388,92	H_ζ яркая
447,2	447,12	очень яркая	386,9	386,89	яркая
438,9	—	яркая	383,5	383,6	H_η яркая
436,4	436,5	яркая	—	381,4	очень слабая
434,1	434,06	H_γ самая яркая лин.	379,8	380,0	H_ϑ слабая
426,5	—	очень слабая	377,0	—	H_ι слабая
423	—	очень слабая	374,9	—	H_χ очень слабая
414,8	—	слабая	372,7	372,65	очень яркая
412,1	—	слабая			

При употребленіи ортохроматической пластинки, кромѣ этихъ линій были найдены въ желтой и зеленой частяхъ спектра еще нѣкоторыя другія, изъ которыхъ слѣдуетъ назвать линію въ 587,6, именно D_3 линію гелія. Далѣе надо отмѣтить линію въ 447,2, которая въ приведенной таблицѣ названа очень яркой. Это линія Оріона (см. стр. 332); присутстіе этой яркой линіи въ спектрѣ туманности подозрѣвалъ еще Копеландъ. Оба американскіе изслѣдователя сдѣлали также снимки спектровъ звѣздъ Трапеціи; на нихъ почти всѣ свѣтлыя линіи спектра туманности оказываются темными, въ особенности линія Оріона, природа которой неизвѣстна. Такъ какъ линіи туманности отличаются необычайной отчетливостью и по направленію къ звѣздному спектру „заостряются въ формѣ стрѣлы", то совпаденіе можно установить съ большою точностью; а изъ него съ несомнѣнностью вытекаетъ, что звѣзда Трапеція не имѣетъ самостоятельнаго движенія относительно туманности. Это очень важный фактъ. Позднѣе мы увидимъ, что всѣ звѣзды движутся въ міровомъ пространствѣ съ большей или меньшей скоростью по всевозможнымъ направленіямъ, и, безъ сомнѣнія, то же самое происходитъ и со звѣздами Трапеціи. Слѣдовательно, наблюденіе приводитъ къ выводу, что звѣзды и туманность движутся по одному и тому же пути, — а это есть новое доказательство въ пользу ихъ физической связи. Другое важное наблюденіе названныхъ изслѣдователей точно показываетъ, что звѣзды не могутъ находиться впереди туманности. Именно, нѣкоторыя изъ наиболѣе яркихъ линій туманности появляются вновь въ видѣ свѣтлыхъ линій звѣзднаго спектра, какъ это мы уже замѣчали на протуберанцахъ, когда они проэктируются на солнечной поверхности. Слѣдовательно, и здѣсь вещество туманности обязательно должно находиться впереди звѣздъ.

Спектръ туманности Оріона далеко не одинаковъ на всемъ протяженіи громадной міровой области, которую она занимаетъ, какъ это и можно было ожидать заранѣе. Именно, относительная яркость линій не вездѣ одна и та же, а это свидѣтельствуетъ о томъ, что хотя химическій составъ

вещества всюду одинаковъ, но физическое состоянiе его въ различныхъ мѣстахъ различно. Въ этомъ отношенiи интересно наблюденiе Кемпбелля надъ одной небольшой планетарной туманностью вблизи туманности Орiона. Онъ наблюдалъ ее такимъ же точно образомъ, какъ обыкновенно наблюдаются формы солнечныхъ протуберанцевъ, т. е. при широко открытой щели. Слѣдовательно, въ каждой линiи туманности должно было получаться ея изображенiе. Оказалось, что всѣ полученныя изображенiя имѣли различные размѣры. Самыя свѣтлыя линiи туманности, которыя надо приписать неизвѣстному веществу, дали гораздо меньшее изображенiе, чѣмъ линiи водорода. Отсюда, повидимому, слѣдуетъ, что неизвѣстное вещество выполняетъ только внутреннiя части туманности, и окружено большой атмосферой изъ водорода. Такимъ образомъ можно, пожалуй, объяснить, почему этого вещества не находятъ въ образовавшихся уже звѣздахъ, если только, конечно, оно всюду, какъ въ данномъ случаѣ, образуетъ ядро мiровыхъ тѣлъ.

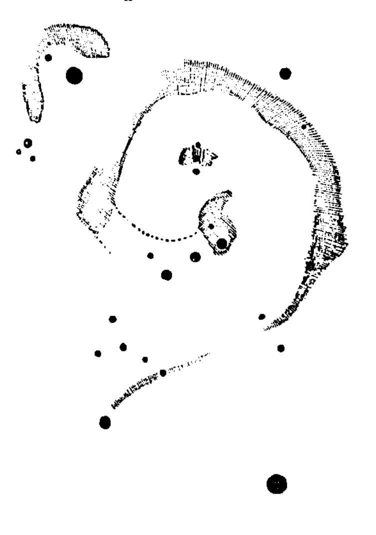
Наши знанiя о фигурѣ туманности Орiона были удивительнымъ образомъ пополнены открытiемъ громадной изогнутой туманной полосы, которую нашелъ впервые Пикерингъ еще въ 1889 г., но оставилъ ее безъ вниманiя. Наконецъ Бернердъ сфотографировалъ полосу эту при помощи очень небольшой линзы, какiя обыкновенно употребляются для проэкцiонныхъ лампъ. При экспозицiи въ теченiе 2 часовъ, а въ другой разъ въ теченiе $1^1/_4$ ч., получился отпечатокъ чрезвычайно слабой туманности, которую невозможно передать въ прямомъ воспроизведенiи; поэтому она была зарисована Бернердомъ на картѣ созвѣздiя. Мы даемъ ея изображенiе на стр. 351. Собственная туманность Орiона отмѣчена на рисункѣ нѣсколькими чертами. Она окружена, какъ можно видѣть, громадной, изогнутой, подобно змѣѣ, туманной полосой, головной конецъ которой начинается нѣсколько справа подъ посохомъ Iакова; затѣмъ эта полоса изгибается между большой туманностью и звѣздою Ригель (β Орiона) и, описавъ большую дугу вокругъ посоха Iакова, все болѣе съуживается и заканчивается вблизи γ Орiона. Другая полоса, повидимому, тянется черезъ самый посохъ Iакова, отъ южной (самой нижней) звѣзды котораго идетъ еще туманная дымка къ большой туманности. Если мысленно продолжить это образованiе, то оно превратится въ полную спираль, которая, начинаясь отъ большой туманности, какъ это обозначено на рисункѣ пунктиромъ, изгибается почти черезъ все созвѣздiе. Поперечникъ этой спирали равенъ 14—15°. Подобные размѣры, даже по тѣмъ громаднымъ масштабамъ, какими мы должны измѣрять эти чрезвычайно далекiе мiры, нужно назвать колоссальными. Но, повидимому, и то еще не найдены послѣднiе предѣлы этой гигантской спирали: за Ригелемъ еще замѣчается другая полоса, которая изогнута въ томъ же самомъ направленiи и, можетъ быть, принадлежитъ второму обороту туманности. Крайне слабый свѣтъ ея пока еще не поддается нашимъ самымъ тонкимъ средствамъ изслѣдованiя. Всякаго мыслящаго человѣка не можетъ не поражать здѣсь слѣдующiй фактъ: крайне разрѣженная матерiя, изъ каковой только и могутъ состоять эти легкiя свѣтовыя обра-



Спектръ туманности Орiона и звѣздъ Трапецiи. По фотографiи Килера и Кемпбелла. См. стр. 349.

зованія, на неизмѣримо громадныхъ пространствахъ сдерживается внутренней связью, которая одна только и можетъ придать этой матеріи видъ спиралей и тому подобныхъ формъ. При видѣ такихъ чудесъ мірообразованія, мы невольно переполняемся тѣмъ же возвышеннымъ чувствомъ, которое охватываетъ насъ при видѣ звѣзднаго неба. Источникъ этого чувства лежитъ въ убѣжденіи великаго единства міротворящей силы, — въ убѣжденіи, которое крѣпнетъ въ насъ все сильнѣе и сильнѣе по мѣрѣ того, какъ мы глубже изучаемъ небо.

Итакъ, смотря на этотъ объектъ, какъ на возникающій міръ, мы не удивились бы, если бы намъ удалось замѣтить въ немъ дѣйствительныя перемѣны. Такъ какъ большое число наблюдателей утверждало, что они замѣчали такія измѣненія, то, пожалуй, въ данномъ случаѣ надо отбросить высказанныя выше сомнѣнія въ подобныхъ наблюденіяхъ и не приписывать ихъ различію въ оптическихъ условіяхъ. Старшій Гершель, наблюдатель, ошибавшійся рѣдко, былъ убѣжденъ въ измѣняемости туманности Оріона, а Струве, не менѣе достовѣрный наблюдатель, сравнилъ внутреннюю свѣтлую область, названную именемъ Гюйгенса, съ вѣчно волнующимся моремъ. Кажется, какъ будто творящая сила съ дикимъ безпокойствомъ приводитъ въ движеніе неизмѣримую область вселенной, внося стройность и порядокъ въ этотъ хаосъ. Тотъ фактъ, что въ области туманности Оріона находится необычайно много перемѣнныхъ звѣздъ, также говоритъ въ пользу измѣняемости самой туманности.



Спиральная туманность, окружающая туманность Оріона. По фотографіямъ Бернерда. См. стр. 350.

Наиболѣе замѣтная подробность этого удивительнаго предмета около свѣтлаго ядра есть, конечно, область, лишенная туманной матеріи и звѣздъ, такъ называемый Львиный зѣвъ, или Большой заливъ, Sinus Magnus; она лежитъ къ востоку отъ ядра. Относительно ея происхожденія и способа образованія приходится ограничиться одними предположеніями, или же отказаться отъ какого либо объясненія. Едва ли это темное пространство могло образоваться вслѣдствіе стягиванія матеріи, которая вначалѣ, конечно, была распредѣлена равномѣрнѣе. Подобное объясненіе можно допустить для другого, также слабо свѣтящагося мѣста, лежащаго въ окрестности Трапеціи. Но здѣсь нѣтъ звѣздъ, которыя вбирали бы въ себя вещество. Если мы попробуемъ искать другую причину, то при взглядѣ па эту область невольно напрашивается мысль, что сюда вторглось что то извнѣ и вдвинуло собою туманную матерію. Въ этомъ убѣждаетъ не только своеобразная отчетливая граница этой темной области, но также находящееся передъ нею сгущеніе и въ особенности вихреобразный видъ многихъ развѣтвленій и выступовъ туманности, которые стоятъ въ полномъ согласіи съ предполагаемымъ направленіемъ движенія неизвѣстнаго посторонняго тѣла.

Мы не въ состояніи отрѣшиться отъ нашихъ маленькихъ земныхъ взглядовъ, хотя, — какъ намъ не разъ приходилось убѣждаться, — ихъ не всегда можно примѣнить къ тѣмъ размѣрамъ, какіе мы встрѣчаемъ въ мірозданіи. Тѣмъ не менѣе въ виду единства законовъ, господствующихъ въ природѣ, вполнѣ можно основывать наши выводы на аналогіяхъ. И мы сдѣлаемъ здѣсь попытку уяснить себѣ нѣкоторыя стадіи образовенія міровъ на облакахъ

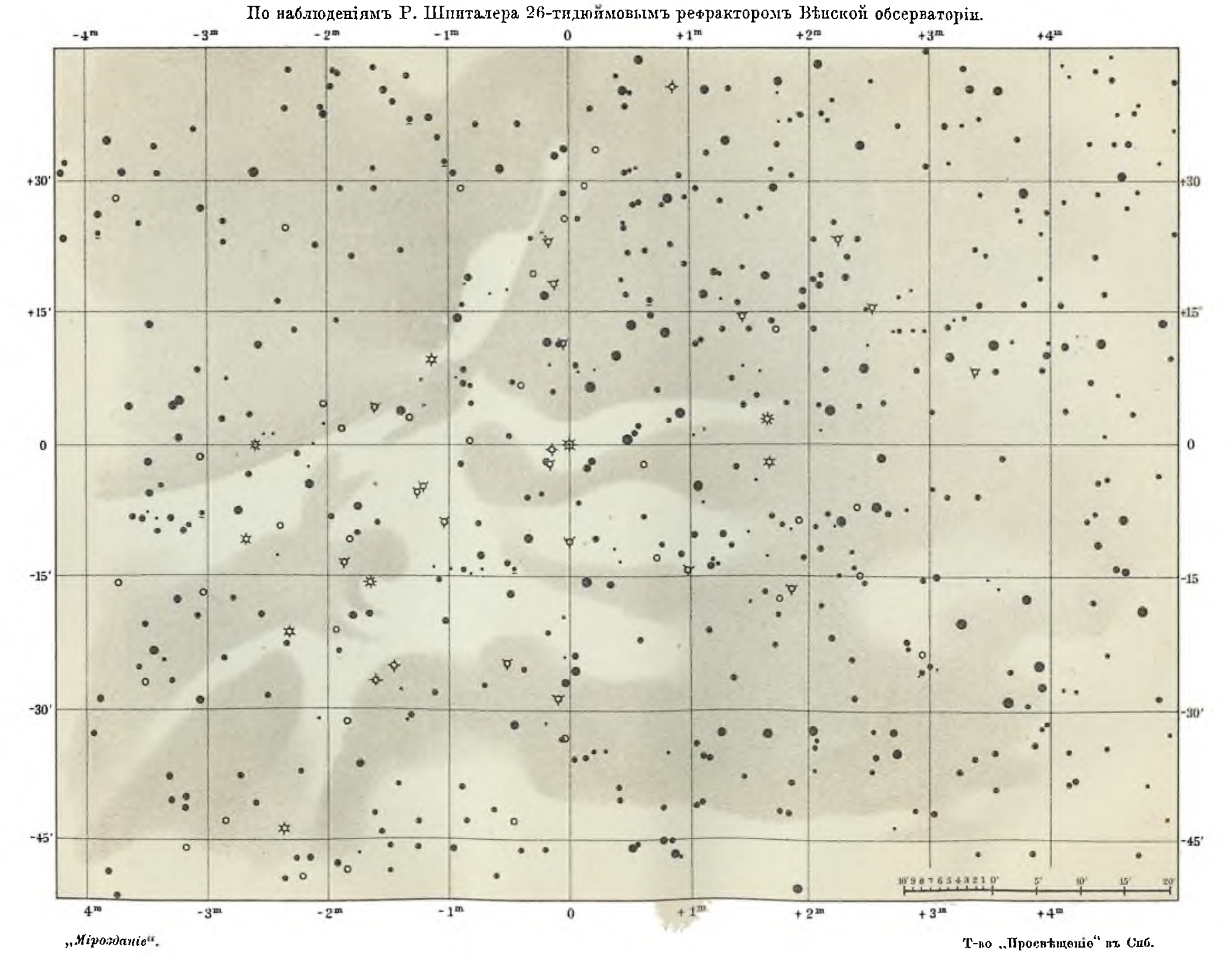
табачнаго дыма. Наблюденія надъ вихревыми образованіями, какія онъ даетъ, могутъ быть далеко не праздной забавой. Уже геніальный Тиндаль по поводу облаковъ табачнаго дыма высказалъ глубокомысленныя соображенія о дѣйствіи законовъ природы. Табачный дымъ часто, только подъ вліяніемъ движенія комнатнаго воздуха, принимаетъ формы, которыя очень живо напоминаютъ формы нѣкоторыхъ туманностей; именно, нерѣдко можно наблюдать очень медленныя вихревыя движенія. Въ спокойныхъ массахъ дыма они правильно начинаются уже въ томъ случаѣ, если очень медленно ввести въ нихъ какое либо постороннее тѣло при условіи, что всѣ другія нарушающія дѣйствія устранены. Тогда наблюдаются совершенно такія же образованія, какія показываетъ туманность Оріона. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ обращать вниманіе на то, наблюдаются-ли когда либо случаи такого вторженія мірового тѣла въ другое или столкновенія двухъ тѣлъ.

Туманныя образованія, окружающія группу Плеядъ. По фотографіи Вернерда.

Намъ не придется далеко отходить отъ туманности Оріона, чтобы найти образованіе подобнаго же рода, которое, какъ мы уже указали, стоитъ, быть можетъ, въ связи съ этой туманностью. Это подтверждается также громадной спиралью Бернерда-Пикеринга, которую мы описали выше. Мы говоримъ о разсѣянныхъ туманныхъ массахъ, которыя отчасти находятся въ группѣ Плеядъ, отчасти окружаютъ ее на довольно значительномъ пространствѣ. Сами по себѣ Плеяды, конечно, уже не принадлежатъ къ той категоріи небесныхъ свѣтилъ, стоящихъ на первой ступени развитія, которою мы занимаемся въ настоящее время, это уже готовыя звѣзды съ фраунгоферовыми линіями въ спектрѣ, который, за немногими исключеніями, имѣетъ одинъ и тотъ же характеръ для всѣхъ звѣздъ этой группы. Отсюда слѣдуетъ, что звѣзды Плеядъ, которыя несомнѣнно образуютъ по причинамъ, изложеннымъ ниже, группу, имѣющую физическое единство, стоятъ еще на самой ранней ступени ихъ звѣзднаго развитія. Мы уже видѣли, что Темпель первый открылъ при помощи незначительнаго телескопа огромную туманную массу въ этой группѣ около звѣзды Меропе, и что существованіе этой туманности Меропе неоднократно оспаривалось. Въ настоящее время въ этомъ нѣтъ уже никакихъ сомнѣній, такъ какъ она появляется на каждомъ фотографическомъ снимкѣ, которое производится съ надлежащей экспозиціей при помощи соотвѣтственныхъ инструментовъ. Много шуму надѣлало въ свое время открытіе туманности около звѣзды Майи, произведенное на двухъ пластинкахъ братьями Анри, извѣстными парижскими фотографами-астрономами. Ту-

ТУМАННОСТЬ ВЪ ПЛЕЯДАХЪ.

По наблюденіямъ Р. Шпиталера 26-тидюймовымъ рефракторомъ Вѣнской обсерваторіи.



„Мірозданіе“.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

манность нельзя было видѣть даже въ лучшіе телескопы. Однако, полученнаго изображенія нельзя было объяснить и ошибками пластинки. Какъ выяснилось позднѣе, Пикерингъ еще раньше получилъ ее на пластинкѣ, хотя онъ отыскалъ ее при болѣе точномъ изслѣдованіи только послѣ открытія братьевъ Анри. Полагали, что эта туманность посылаетъ только химически дѣйствующіе ультрафіолетовые лучи, невидимые для глаза; позднѣе однако эту туманность часто видѣли безъ помощи фотографической пла-



Большое Магелланово облако. По фотографіи Рёсселя въ Сиднеѣ. Ср. текстъ, стр. 355.

стинки (см.таблицу къ стр. 353). Не мѣшаетъ замѣтить, что теперь болѣе и болѣе отказываются отъ мысли будто существуютъ образованія этого рода, испускающія исключительно ультрафіолетовый свѣтъ, по крайней мѣрѣ до сихъ поръ въ большинствѣ случаевъ туманности, открытыя фотографіей, можно было также наблюдать прямо. Но нѣтъ сомнѣнія, что нѣкоторыя изъ этихъ міровыхъ образованій оставляютъ на пластинкѣ гораздо болѣе сильный слѣдъ, чѣмъ это можно ожидать при взглядѣ на нихъ въ телескопъ.

Благодаря продленію времени экспозиціи, были еще открыты туманныя массы, проходящія черезъ Плеяды,—эту наиболѣе красивую изъ всѣхъ звѣздныхъ группъ сѣвернаго неба. Въ декабрѣ 1893 года Бернердъ такимъ же образомъ, какъ это мы описали при туманности Оріона, фотографировалъ окрестности Плеядъ, причемъ экспозиція продолжалась двѣ ночи. Ночью 6 декабря онъ экспонировалъ пластинку въ теченіи 5 часовъ, за-

тѣмъ тщательно закрылъ инструментъ, чтобы дневной свѣтъ совершенно не могъ проникнуть, и продолжалъ экспозицію 8 декабря (7 декабря была дурная погода) въ теченіе $5^1/_4$ часовъ. Такимъ образомъ въ цѣломъ слабое свѣтовое мерцаніе, идущее къ намъ отъ этихъ областей, дѣйствовало въ теченіе десяти часовъ и 15 минутъ на чувствительную пластинку, которая вполнѣ могла бы въ 20-ю часть секунды запечатлѣть всѣ подробности освѣщеннаго солнцемъ ландшафта. На пластинкѣ отпечатлѣлись совсѣмъ слабыя разорванныя на много клочковъ туманности, которыя Бернердъ занесъ на рисунокъ; копію этого рисунка мы приводимъ на стр. 352. Кружокъ на рисункѣ очерчиваетъ ту область, въ которой лежатъ туманности, извѣстныя до этого времени. Мы видимъ, что и эта группа тусклыхъ свѣтовыхъ облаковъ занимаетъ область съ поперечникомъ около 10^0 и поэтому видимыми размѣрами почти не уступаетъ большому спиральному образованію въ Оріонѣ. Правда, здѣсь нельзя, какъ въ Оріонѣ, открыть какихъ либо признаковъ геометрической формы. Такъ какъ и въ данномъ случаѣ также вѣроятна физическая связь между звѣздной группой и группой туманностей, то нельзя отказаться отъ мысли, что эти туманные обрывки суть послѣдніе остатки уже вполнѣ сгустившагося звѣзднаго міра. Значитъ, и эта туманность также не принадлежитъ къ самымъ первымъ стадіямъ развитія, образецъ которыхъ мы до сихъ поръ напрасно старались найти. И мы конечно никогда не найдемъ его: физическія условія, при которыхъ совершается этотъ первый процессъ возникновенія міровъ, вѣроятно, таковы, что черезъ посредство свѣта, — этого единственнаго пути, связывающаго насъ съ мірами вселенной, — намъ не получить о нихъ никакихъ извѣстій.



Малое Магелланово облако. По фотографіи Рёсселя въ Сиднеѣ. Ср. текстъ, стр. 355.

Тогда какъ пространства туманности Оріона сравнительно плотно заполнены туманной матеріей, и изъ нея до сихъ поръ образовались только немногія звѣзды, главнымъ образомъ звѣзды Трапеціи, — въ Плеядахъ, наоборотъ, масса туманной матеріи очень незначительна; звѣздъ же здѣсь гораздо больше. Въ другомъ замѣчательномъ образованіи южнаго неба отношеніе законченныхъ звѣздъ къ туманнымъ массамъ еще болѣе благопріятно для первыхъ. Мы говоримъ здѣсь о двухъ Капскихъ туманностяхъ, называемыхъ также Магеллановыми облаками, по имени европейскаго изслѣдователя, который первый открылъ ихъ. Вполнѣ различимыя просто глазомъ они производятъ впечатлѣніе небольшихъ облаковъ или лучше сказать клочковъ, оторвавшихся отъ Млечнаго Пути, который въ южныхъ ши-

ротахъ, какъ извѣстно, свѣтитъ гораздо ярче, чѣмъ при сѣверной атмосферѣ, вѣчно наполненной водяными парами. Но они находятся довольно далеко отъ Млечнаго Пути, такъ что ихъ надо считать совершенно самостоятельными объектами (см. нашу карту южнаго неба къ стр. 316). Большое Магелланово облако заполняетъ яркимъ сіяніемъ область въ 40 квадратныхъ градусовъ. Оно состоитъ изъ безпорядочно перемѣшаннаго скопленія вполнѣ неразрѣшимыхъ туманныхъ массъ, тѣсныхъ звѣздныхъ кучъ и звѣздъ всѣхъ величинъ отъ седьмой и ниже. Джонъ Гершель, во время своего весьма плодотворнаго пребыванія на мысѣ Доброй Надежды, гдѣ онъ поселился исключительно съ цѣлью изученія южнаго небеснаго полушарія, подробно изслѣдовалъ это блестящее образованіе, и различилъ въ немъ 278 отдѣльныхъ туманностей и звѣздныхъ кучъ и кромѣ того около 600 звѣздъ седьмой, восьмой и девятой величинъ. Въ эти числа не включены 50—60 объектовъ, находящихся вблизи этого облака. Рёссель въ Сиднеѣ въ 1890 г. при 7—8 часовой экспозиціи получилъ прекрасные фотографическіе снимки обоихъ Магеллановыхъ облаковъ, которые мы приводимъ на стр. 353 и 354. Самая смѣлая фантазія не въ состояніи различить какую нибудь форму въ этомъ хаосѣ міровъ, среди которыхъ можно отыскать всѣ стадіи развитія. Тѣмъ не менѣе нельзя считать случайной столь тѣсную близость міровыхъ тѣлъ, которыхъ насчитываются сотни тысячъ, если считать всѣ звѣздныя кучи большого Магелланова облака. Вѣроятно, еслибы намъ удалось расширить наши знанія, то оказалось бы, что эти тѣла соединены какой нибудь общей связью. *).



Туманность Мессье 74 въ Рыбахъ. По фотографіи Исаака Робертса. Ср. текстъ, стр. 356.

Послѣ этого уклоненія въ область запутанныхъ скопленій міровыхъ тѣлъ, которыхъ на небѣ очень много, мы переходимъ теперь къ простымъ по физическому составу, собственно газовымъ туманностямъ. О нихъ въ общемъ обзорѣ было уже сказано, что въ этомъ классѣ главнымъ образомъ находятся спиральныя и планетарныя туманности. Знаменитый примѣръ спиральной туманности находится въ созвѣздіи Гончихъ собахъ (N. G. C. 5194, 5195. AR 13^h 24^m, D+47,9°). Особенно характернымъ является рисунокъ Фогеля, выполненный съ большимъ вѣнскимъ рефракторомъ. (См. таблицу II, фиг. a, также табл. I, фиг. f.). Здѣсь изъ сильно сгущеннаго центра, который имѣетъ видъ звѣзды, выходитъ почти правильная спираль,

*) Въ одномъ изъ циркуляровъ Гарвардской Обсерваторіи Профессоръ Э. Пикерингъ объявилъ объ интересномъ открытіи, относящемся до звѣздъ Магеллановыхъ облаковъ, а именно: цѣлая группа звѣздъ, въ нихъ заключающаяся, имѣетъ особый спектръ, нигдѣ болѣе не встрѣчающійся; Пикерингъ назвалъ новый спектръ пятымъ типомъ. Значеніе этого типа еще невыяснилось, а потому еще преждевременно опредѣлять мѣсто, занимаемое звѣздами Магеллановыхъ облаковъ въ эволюціи звѣздныхъ міровъ.

С. Глазенапъ.

которая въ различныхъ мѣстахъ также обнаруживаетъ сгущенія. Одно изъ нихъ, наиболѣе яркое, слѣдуетъ за звѣздою, которая стоитъ среди спирали: передъ звѣздою свѣтъ спирали очень слабъ. Это имѣетъ такой видъ, какъ будто здѣсь звѣзда втянула вещество и позади себя собрала его на подобіе кометнаго хвоста. Этотъ хвостъ описываетъ полный полукругъ, который идетъ сначала концентрически къ внутренней спирали, а въ концѣ приближается къ ней. Параллельно ему далѣе можно прослѣдить часть третьяго завитка, а какъ разъ подъ этимъ образованіемъ лежитъ маленькая туманность, которая въ срединѣ точно также имѣетъ звѣздообразное сгущеніе, а по обѣ стороны отъ себя направляетъ выступы къ большой туманности; вообще вся ея фигура ясно показываетъ, что и это сгущеніе также принадлежитъ къ одной изъ слѣдующихъ вѣтвей спирали.



Туманность Мессье 65. По фотографіи Исаака Робертса. Ср. текстъ, стр. 358.

Спиральные изгибы свидѣтельствуютъ съ несомнѣнностью о круговомъ движеніи всего образованія. Если мы зададимся вопросомъ о причинѣ этого движенія, то у насъ естественно можетъ возникнуть мысль, что причину здѣсь надо искать въ столкновеніи этого послѣдняго сгущенія съ большой туманной массой. Какъ мы знаемъ, всѣ міровыя тѣла имѣютъ собственныя движенія. Если при этомъ движеніи какое нибудь міровое тѣло, мимоходомъ, хотя бы только съ поверхности проникнетъ въ одну изъ туманностей, то необходимымъ физическимъ слѣдствіемъ такого сближенія явится принятіе газовой массой формы спирали, хотя бы даже постороннее тѣло, коснувшись туманности, вновь ее покинуло. Здѣсь мы встрѣчаемъ уже второй случай, гдѣ по внѣшней формѣ мірового тѣла, повидимому, можно заключить о столкновеніи его съ другимъ тѣломъ. Первый случай касался туманности Оріона. Данное допущеніе мы при случаѣ поставимъ въ связь съ другими наблюденіями.

Поразительно, что спиральная форма туманности, образованіе которой предполагаетъ уже извѣстную правильность, встрѣчается сравнительно часто. Чѣмъ ближе знакомимся мы, благодаря успѣхамъ фотографическаго изслѣдованія, съ этими небесными тѣлами, тѣмъ все чаще повторяются такіе случаи, что туманности, которыя прежде были отнесены къ другому классу, приходится ставить въ классъ спиральныхъ туманностей. Сначала туманность Оріона представлялась намъ въ видѣ совершенно неправильнаго образованія, и только постепенно для насъ стали вырисовываться въ ней вѣтви спирали. Но за послѣднее время нерѣдки и обратные случаи. Образованіе, которое раньше считалось стоявшимъ на гораздо болѣе высокой ступени развитія, напр. круглый и повидимому правильный сгущенный къ центру дискъ планетарной туманности, послѣ многочасового дѣйствія на фотографическую пластинку обнаруживалъ спиральное строеніе. Въ этомъ отношеніи интересна прекрасная фотографія туманности Мессье 74 въ Рыбахъ, полученная Исаакомъ Робертсомъ (см. стр. 355). Если мы будемъ раз-

сматривать ея изображеніе на разстояніи 2—3 метровъ, то она будетъ намъ казаться такою, какою она представлялась въ телескопы, принадлежавшіе до средины нашего столѣтія къ превосходнѣйшимъ зрительнымъ инструментамъ; тогда детали исчезаютъ на столько, что остается только впечатлѣніе настоящей планетарной туманности. На разстояніи же яснаго зрѣнія можно различать двѣ одинаково изогнутыя вѣтви спирали, которыя отходятъ въ пространство отъ яркаго ядра. Если мы, кстати замѣтить, возьмемъ отношеніе между 2—3 м. и разстояніемъ яснаго зрѣнія = 25 см., то получимъ нѣкоторое понятіе о томъ, во сколько разъ небесная фотографія приблизила къ намъ эти удивительные объекты.



Туманность Андромеды, по рисунку Трувело.

Не надо однако забывать, что всѣ эти образованія, въ которыхъ проявляется стремленіе къ правильной геометрической формѣ, находятся въ пространствѣ трехъ измѣреній и безъ сомнѣнія обладаютъ протяженностью по тремъ направленіямъ, мы же всегда видимъ ихъ, только въ двухъ измѣреніяхъ. Тѣмъ болѣе должно казаться удивительнымъ, что находится такъ много спиральныхъ туманностей, вѣтви которыхъ лежатъ вполнѣ или почти вполнѣ въ плоскости перпендикулярной къ линіи зрѣнія. Хотя мы и не знаемъ ничего точнаго о третьемъ измѣреніи этихъ образованій, однако, по отчетливому виду спиралей можно по крайней мѣрѣ считать вѣроятнымъ, что вообще онѣ имѣютъ плоскую форму. Если бы вѣтви спирали, изгибаясь по винтовой линіи относительно видимаго поперечника туманности, тянулись въ пространствѣ на значительномъ протяженіи по направленію къ намъ или отъ насъ то, очевидно, онѣ должны бы болѣе проэктироваться другъ на другѣ, а отъ этого въ большинствѣ случаевъ для насъ пропадалъ бы характеръ спирали. Конечно, вполнѣ возможны въ мірозданіи и такія винтообразныя формы; по крайней мѣрѣ упомянутая уже туманность въ Драконѣ (стр. 338) намекаетъ на это своей фигурой, имѣющей видъ двойного кольца. Но вслѣдствіе указаннаго затрудненія, въ большинствѣ случаевъ, вѣроятно, и нельзя обнаружить спиральной формы такихъ туманностей.

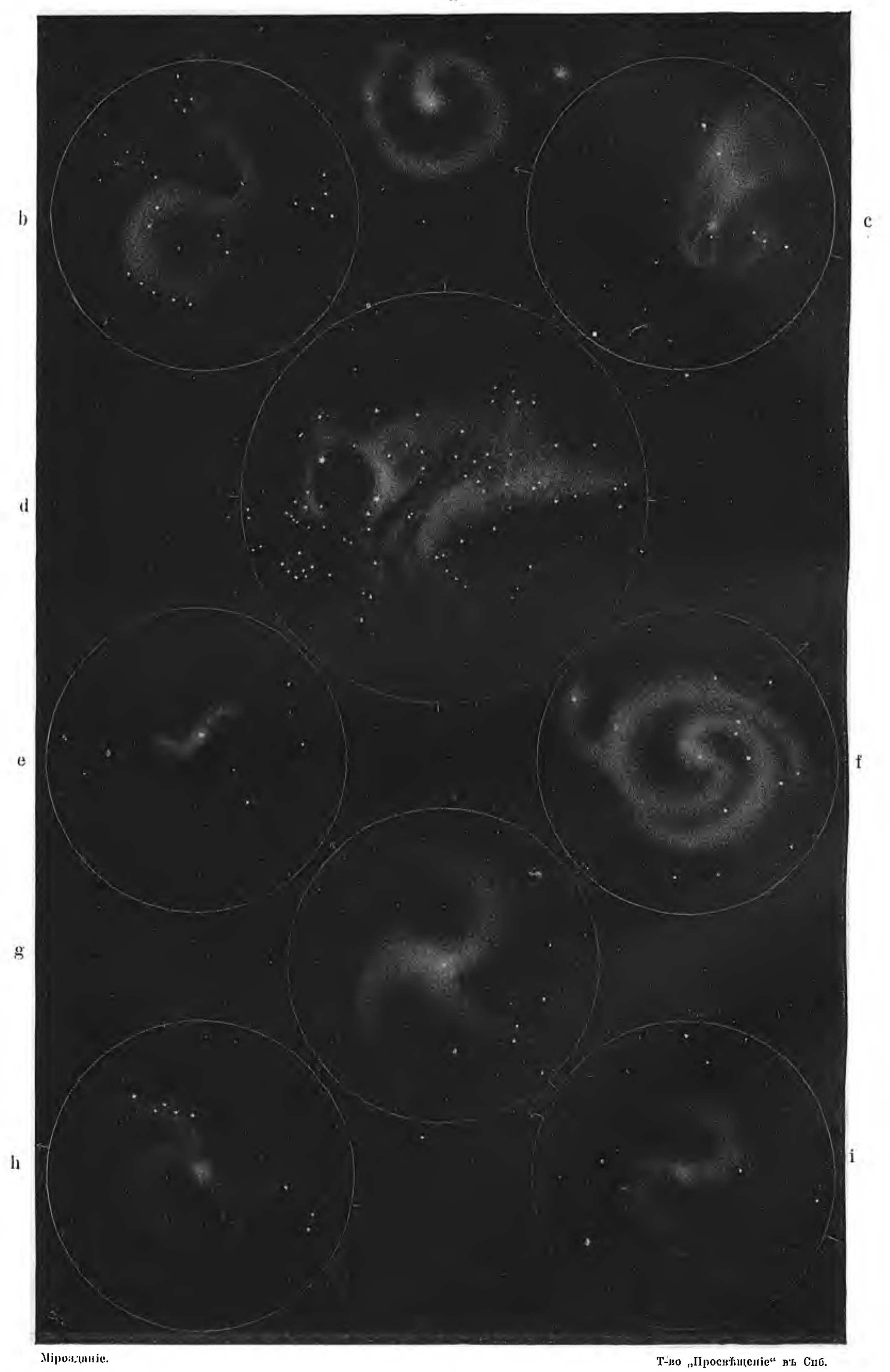
Итакъ, если всѣ спиральныя туманности имѣютъ плоское строеніе и наибольшая плоскость ихъ не имѣетъ какого либо предпочтительнаго положенія въ мірозданіи,—на что нѣтъ никакихъ основаніи,—то мы должны видѣть по крайней мѣрѣ столько же туманностей этого рода съ узкаго края, сколько и съ плоской стороны. При нормальномъ образованіи онѣ должны представлять



Туманность Андромеды съ кометой Гольмса. По фотографіи, полученной Бернердомъ 8 ноября 1892 г. въ Ликской обсерваторіи. (Продолжительность экспозиціи 3 часа.) Ср. текстъ, стр. 359.

съ узкаго края форму плоской чечевицы, спиральные завитки должны исчезать, а посрединѣ чечевицы должно свѣтиться кругловатое сгущеніе, которое обыкновенно находится въ центрѣ спирали. Кромѣ того ближе къ краю чечевицы могутъ замѣчаться иногда меньшія сгущенія, какія бываютъ видны въ спиральныхъ туманностяхъ, наблюдаемыхъ съ плоской стороны. Это приводитъ насъ къ эллиптическимъ туманностямъ. Такое образованіе представляетъ туманность Мессье 65 въ созвѣздіи Льва, которую фотографировалъ Робертсъ. На рисункѣ (стр. 356) она производитъ почти такое же впечатлѣніе, какъ знаменитый объектъ этого рода, большая туманность Андромеды, при наблюденіи въ малые телескопы.

Туманность Андромеды можно вполнѣ хорошо различать просто



Міроздание. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

СПИРАЛЬНЫЯ ТУМАННОСТИ ПО ЛАССЕЛЮ.

Рисунки спиральныхъ туманностей по Ласселю (табл. I).

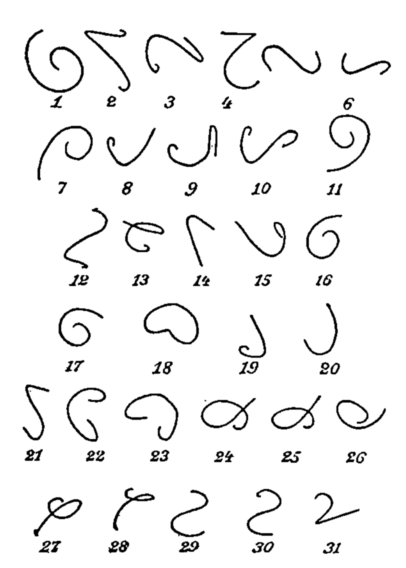
a. № Главн. Каталога 1068.
b. № Гл. К. 2359.
c. № Гл. К. 3623.
d. Туманность Омега, № Гл. К. 6618.
e. № Гл. К. 2903.
f. Спирал. туманн. въ созвѣзд. Гончихъ Собакъ, № Гл. К. 5194 и 5195.
g. № Гл. К. 4254.
h. № Гл. К. 5236.
i. № Гл. К. 5247.

глазомъ. Ее легко найти, когда въ зимнія ночи блестящая фигура W Кассіопеи стоитъ высоко на небѣ. Зигзагообразныя части W созвѣздія не одинаковы, одна часть болѣе плоская, чѣмъ другая. Если звѣзду, которая находится въ самой нижней вершинѣ фигуры, т. е. изъ пяти звѣздъ наиболѣе удалена отъ небеснаго полюса, соединить съ полярной звѣздой и продолжить прямую линію отъ Кассіопеи далѣе къ югу, то это продолженіе встрѣтитъ туманность на разстояніи, почти равномъ половинѣ разстоянія между звѣздой Кассіопеи и Полярной звѣздой. Туманность впервые была замѣчена въ телескопъ въ 1612 г. Симономъ Маріусомъ. Этотъ астрономъ очень характерно передаетъ свое впечатлѣніе, сравнивая туманность съ пламенемъ свѣчи, какимъ оно кажется, если на него смотрѣть черезъ роговую пластинку. Такою кажется теперь туманность Андромеды въ наши обыкновенные бинокли. Въ телескопы средней силы все яснѣе выступаетъ центральное кругловатое, хотя очень нерѣзко очерченное сгущеніе. Въ сильные телескопы въ туманности и въ ея ближайшихъ окрестностяхъ видна огромная масса мелкихъ звѣздъ. Изъ нихъ, вѣроятно, только очень немногія стоятъ въ тѣсной связи съ туманностью, которая оказывается настоящей неразрѣшимой туманностью со спектромъ изъ свѣтлыхъ линій. Въ большой вашингтонскій рефракторъ Трувело увидѣлъ въ ней въ первый разъ два темныхъ канала, которые, нѣсколько расходясь, пересѣкали эллиптическую туманность въ продольномъ направленіи. Изображеніе Трувело дано на стр. 357. Долго не знали, что думать объ этихъ удивительныхъ каналахъ, и, какъ обыкновенно бываетъ съ тѣми объектами, которымъ не могутъ дать объясненія, начали высказывать даже сомнѣнія въ ихъ существованіи, и только нѣсколько лѣтъ тому назадъ загадка была разрѣшена, благодаря не разъ уже упомянутому астроному-фотографу Робертсу, который имѣлъ терпѣніе экспонировать пластинку въ теченіи многихъ часовъ.

На стр. 358 мы приводимъ новѣйшій снимокъ, сдѣланный Бернердомъ съ этого удивительнаго образованія, одновременно съ кометой Гольмса, которая во время ея открытія находилась вблизи этой туманности. Оба канала туманности очень ясно выступаютъ здѣсь надъ центральнымъ сгущеніемъ, но и ниже его можно различить въ свѣтящейся матеріи такія же темныя линіи, а справа и слѣва обѣ системы линій замыкаются въ болѣе или менѣе ясные эллипсы; однимъ словомъ, легко узнать, что здѣсь передъ нами спиральное вихревое образованіе, несомнѣнно такого же строенія, какъ ранѣе описанные объекты; только эти послѣднія мы видимъ въ нормальномъ положеніи, туманность же Андромеды кажется съуженной вслѣдствіе наклоннаго положенія. Особенно велико здѣсь сходство со спиральной туманностью въ Гончихъ Собакахъ. Оно увеличивается еще тѣмъ, что въ туманности Андромеды также было найдено сгущеніе, которое еще Трувело отмѣтилъ среди окрестныхъ туманныхъ массъ. Выступы этого сгущенія здѣсь также ясно намекаютъ на центральную массу, и нѣтъ сомнѣнія, что оба эти объекта находятся въ тѣсной связи.

Если наши предположенія справедливы, то спиральная туманность Гончихъ Собакъ и туманность Андромеды должны представлять до извѣстной степени крайніе случаи. Кромѣ нихъ мы должны встрѣтить на небѣ большое число промежуточныхъ положеній по отношенію къ линіи нашего зрѣнія. Такихъ положеній должно быть даже гораздо больше и они должны быть гораздо разнообразнѣе, чѣмъ ясно выраженныя спиральныя и эллиптическія формы, ибо между горизонтальнымъ и вертикальнымъ положеніями существуетъ безконечно много угловъ наклоненія, подъ которыми мы можемъ видѣть такія спирали. Хольденъ произвелъ интересныя въ этомъ отношеніи наблюденія надъ кускомъ проволоки, которой онъ послѣ многихъ опытовъ придалъ наконецъ опредѣленную спиральную форму. Этой спиральной проволокѣ, или лучше геликалѣ, какъ спеціально

называютъ спирали, выходящія винтообразно изъ одной плоскости, онъ придавалъ различныя положенія относительно бѣлаго экрана и фотографировалъ тѣни, отбрасываемая проволокою на этотъ экранъ. Полученныя фигуры изображены на прилагаемомъ рисункѣ. Изъ этихъ основныхъ линій можно построить почти всѣ формы туманностей, которыя не принадлежатъ къ формамъ совершенно неправильнымъ. Для сравненія мы приводимъ на отдѣльной таблицѣ нѣсколько рисунковъ туманностей по Ласселю. Конечно, для многихъ изъ нихъ одной спирали было бы недостаточно. Но и въ этихъ случаяхъ не пришлось бы прибѣгать къ различнымъ проэкціямъ типической спирали. Слѣдовательно, различныя вѣтви туманности располагаются, по крайней мѣрѣ до извѣстной степени, относительно одной и той же основной плоскости. Здѣсь мы имѣемъ передъ собою въ высшей степени разнообразныя фигуры, которыя уже не напоминаютъ спиральнаго характера, и которыя, однако, на основаніи изложенныхъ соображеній, мы должны считать пространственными спиралями. Только положеніе ихъ относительно насъ слишкомъ неблагопріятно, и потому мы не можемъ распознать ихъ истинной формы.



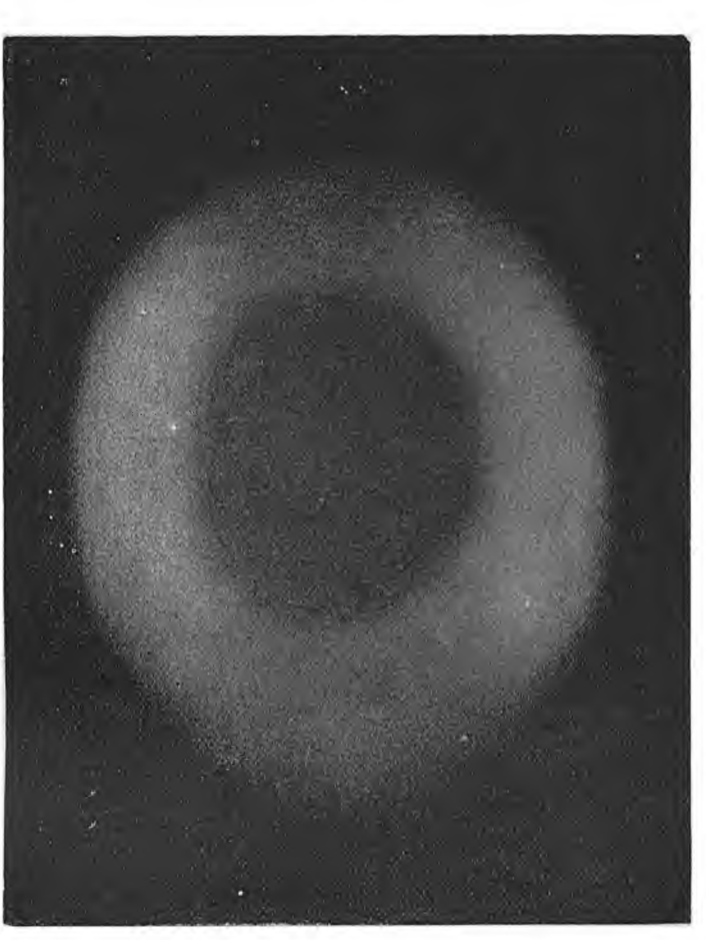
Различныя проэкціи проволочной спирали (геликалы). По Хольдену.

Съ другой стороны мы встрѣчаемъ на небѣ красивѣйшія и несомнѣнныя переходныя формы, какую, напр., представляетъ туманность N. G. C. 2905. Рисунокъ, данный на таблицѣ II, фиг. d, выполненъ съ большимъ вѣнскимъ рефракторомъ. Здѣсь передъ нами очевидно очень правильная спираль, которую мы видимъ подъ угломъ нѣсколько большимъ 45°. Мы могли бы привести еще массу подобныхъ формъ, и даже большая туманность Андромеды принадлежитъ несомнѣнно къ этимъ переходнымъ формамъ, главная плоскость которыхъ не лежитъ точно въ нашей линіи зрѣнія; иначе въ этой туманности мы не видѣли бы каналовъ. Гораздо болѣе крайнія формы представляютъ обѣ туманности N. G. C. 4565 и двойная туманность 4627 и 4631. Обѣ зарисованы съ вѣнскимъ рефракторомъ именно такъ, какъ это изображено на рисункѣ (см. таблица II, фиг. c. и e). Не смотря на то, что онѣ необычайно узки, въ нихъ все таки можно различить борозды каналовъ. На первой борозда почти параллельна большой оси, на второй темныя линіи пересѣкаютъ туманность такимъ образомъ, что можно, по крайней мѣрѣ, подозрѣвать спиральный характеръ. Замѣчательно и здѣсь то, что спиральная туманность является въ сопровожденіи круглой. Видъ этихъ очень узкихъ формъ, отдѣльныя подробности которыхъ показываютъ, что и здѣсь мы видимъ еще далеко не ребро чечевицы, долженъ необходимо привести къ тому заключенію, что эти образованія необычайно узки, примѣрно такъ же узки, какъ кольца Сатурна. Какъ извѣстно, послѣднія для насъ исчезаютъ вполнѣ, когда ихъ плоскость какъ разъ совпадаетъ съ линіей нашего зрѣнія. Нѣкоторыя туманныя образованія, близкія къ такому крайнему положенію, вѣроятно, по этой же причинѣ остаются невидимы для насъ.

Къ туманностямъ, которыя нельзя сразу признать за спиральныя, но на основаніи предыдущихъ соображеній надо отнести къ этому большому классу, принадлежитъ также очень замѣтный объектъ въ Щитѣ

Собѣскаго, маленькомъ созвѣздіи (A. R. 18^h 13^m, D—16,2°) въ Млечномъ Пути къ сѣверу отъ Стрѣльца. Благодаря формѣ, удивительно напоминающей греческую букву Ω, объектъ этотъ названъ туманностью Омеги (табл. I, фиг. d). Если двѣ вѣтви 12-й или 31-й фигуры Хольдена на рисункѣ стр. 360 соединить вмѣстѣ соотвѣтственнымъ образомъ, то получится какъ разъ такая фигура.

Другую въ извѣстномъ смыслѣ крайнюю форму спиральныхъ туманностей представляютъ кольцевыя туманности, между которыми самая извѣстная и самая замѣчательная находится въ созвѣздіи Лиры. Она лежитъ нѣсколько ниже Веги, около границы Млечнаго Пути между звѣздами β и γ этого созвѣздія и представляетъ совершенно правильное эллиптическое кольцо. Именно, вслѣдствіе этой-то правильности и надо допустить, что въ дѣйствительности это удивительное міровое тѣло имѣетъ круглую форму и только благодаря проэкціи кажется сильно эллиптически укороченнымъ въ одномъ направленіи. Нашъ рисунокъ стр. 361 сдѣланъ по рисунку Трувело; большой діаметръ этого эллипса равенъ по Секки 72,2″ меньшій — 60,4″. Уже въ средніе телескопы кольцо кажется ярко свѣтящимся, и форму его можно различить вполнѣ отчетливо. Въ лучшіе инструменты оно показываетъ почти равномѣрное распредѣленіе свѣта; только мало-помалу интенсивность его возрастаетъ отъ одного конца большой оси до другого. Эта послѣдняя часть, которая соотвѣтствуетъ какъ бы вставкѣ кольца, постепенно сливается съ окружающимъ пространствомъ. Во всякомъ случаѣ въ этомъ объектѣ нельзя замѣтить большихъ свѣтовыхъ узловъ, развѣтленій или каналовъ, благодаря которымъ можно было бы предполагать, что при болѣе сильныхъ оптическихъ средствахъ, чѣмъ тѣ, какія находятся въ настоящее время въ нашемъ распоряженіи, эта удивительно правильная кольцевая форма обратиться въ спираль.



Кольцевая туманность въ Лирѣ, по рисунку Трувело.

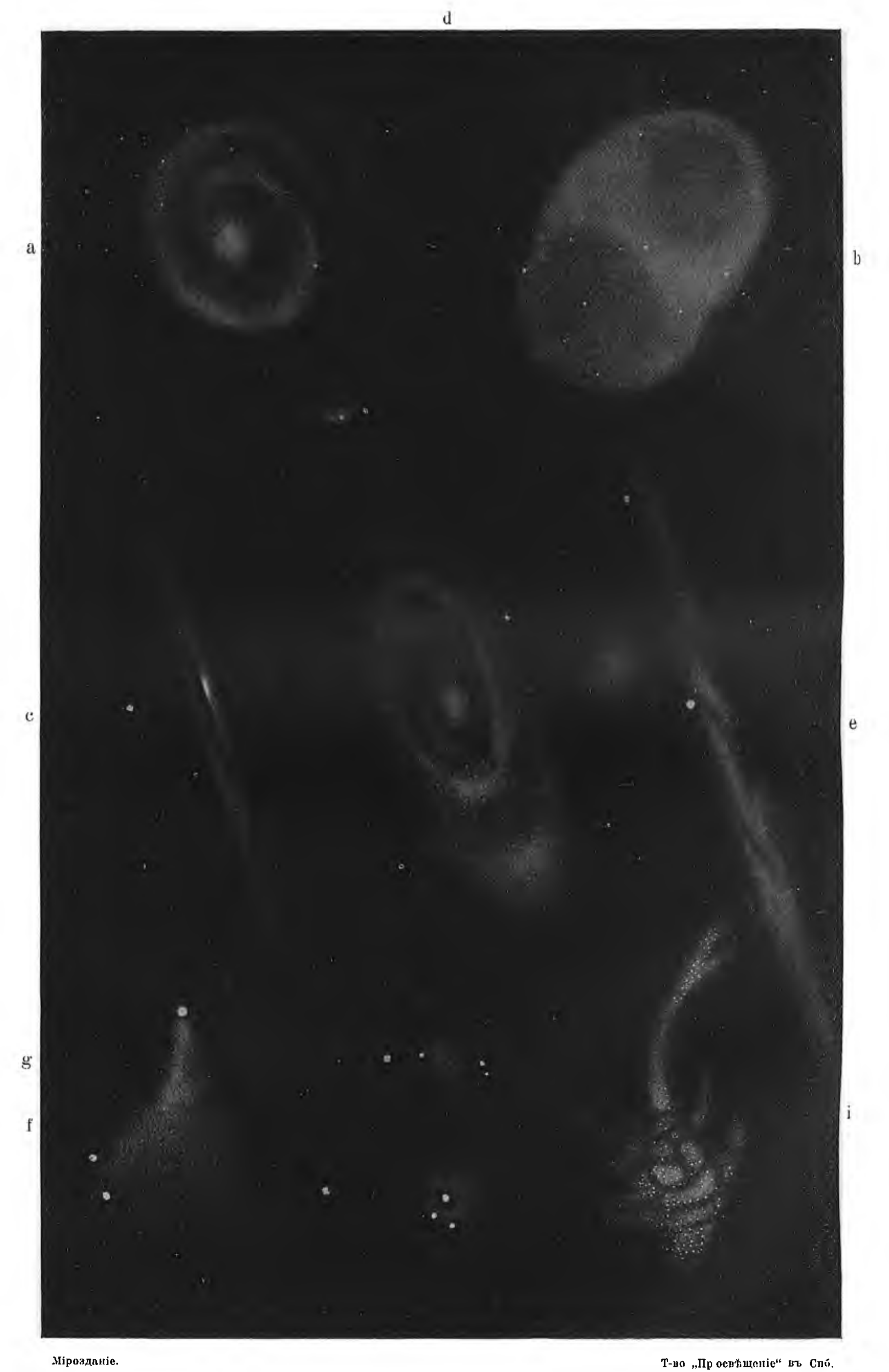
Этотъ фактъ является весьма замѣчательнымъ. Въ виду такого факта сомнительно, чтобы необычайно рѣдкія вполнѣ законченныя кольцевыя туман-

ности (по Секки ихъ только четыре) принадлежали къ той же степени развитія, какъ и спиральныя. Еще значительно раньше, чѣмъ направленъ былъ на нихъ спектроскопъ, полагали, что разгадка найдена. Уже Мессье въ 1779 г. впервые высказалъ предположеніе о присутствіи звѣздъ въ этой туманности Лиры, открытой первоначально д'Аркье (d'Arquier) въ Тулузѣ, а Россу, какъ и Бонду, удалось разложить ее на массу крошечныхъ свѣтовыхъ точекъ. Высказано было мнѣніе, что здѣсь передъ нами такое же, только далекое, образованіе, какъ нашъ Млечный Путь, мерцаніе котораго, кажущееся намъ очень неравномѣрнымъ, обвивается въ видѣ кольца вокругъ нашего неба. Но спектроскопъ подорвалъ этотъ взглядъ, такъ какъ вполнѣ ясно показалъ, что эта туманность представляетъ газовую массу, изъ которой еще не выдѣлилось ни одной настоящей звѣзды. Свѣтовыя точки, видимыя въ телескопъ, можетъ быть, представляютъ только газообразныя сгущенія.


Звѣздная куча въ Водолеѣ.
Ср. текстъ, стр. 365.

Но какъ же объяснить удаленіе газовой массы изъ вполнѣ или почти вполнѣ темной середины кольца? Почти во всѣхъ другихъ туманныхъ массахъ бросается въ глаза, что онѣ, напротивъ, стремятся сгущаться къ центру. Когда во второй части этой книги мы займемся законами тяготѣнія, то найдемъ, что они всюду дѣйствуютъ совершенно одинаково. А необходимымъ слѣдствіемъ дѣйствія этой силы является всегда сгущеніе вещества къ центру. Высказывалось мнѣніе, что здѣсь мы имѣемъ вихревыя кольца, подобныя тѣмъ, какія дасть табачный дымъ, и съ которыми эта кольцевая туманность имѣетъ большое сходство. Какъ извѣстно, частички такого кольца изъ табачнаго дыма вращаются около средней круговой линіи кольца, такимъ образомъ, что части, принадлежащія внутренней сторонѣ, идутъ сначала наружу, а затѣмъ снова возвращаются внутрь и т. д. Только такимъ образомъ кольцо табачнаго дыма можетъ сохранять свою форму въ теченіе нѣкотораго времени. Такія вихревыя кольца могутъ возникнуть, если представить, что сквозь шарообразную туманную массу съ большой скоростью прошелъ въ центральномъ направленіи твердый шаръ нѣсколько меньшихъ размѣровъ. Однако, столкновеніе такого характера въ высшей степени невѣроятно.

Но въ послѣднее время эта своеобразная задача, опять таки благодаря фотографіи, стала близка къ разрѣшенію. Уже въ лучшіе телескопы новѣйшаго времени, почти въ центрѣ кольцевого эллипса была замѣчена очень маленькая звѣздочка. Когда патеръ Денза, директоръ Ватиканской обсерваторіи, и Шейнеръ въ Потсдамѣ сняли фотографію туманности, они съ удивленіемъ замѣтили, что эта свѣтовая точка, которая даже при помощи нашихъ сильнѣйшихъ телескоповъ вызывала на нашей сѣтчаткѣ только очень слабое впечатлѣніе, на фотографической пластинкѣ разрослась въ большую туманность, актиническое дѣйствіе которой оказалось даже гораздо сильнѣе дѣйствія самаго кольца. Это значитъ, что темная средняя часть внутри кольца, наполнена веществомъ, которое главнымъ образомъ посылаетъ ультрафіолетовый свѣтъ. Ничто не мѣшаетъ намъ допустить, что здѣсь передъ нами правильная планетарная туманность, внутреннія части которой, какъ это и слѣдуетъ по физическимъ законамъ, плотнѣе внѣшнихъ, но изъ нихъ только послѣднія посылаютъ къ намъ



Мірозданіе.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ТУМАННОСТИ РАЗЛИЧНЫХЪ ФОРМЪ.

Различныя формы туманностей (таблица II).

a. Спиральная туманность въ созвѣздіи Гончихъ Собакъ (№ Гл. К. 3572, 74). по рисунку Г. Фогеля.

b. Туманность Дёмбелль (№ Гл. К. 4532), по рисунку Г. Фогеля.

c. Чечевицеобразная туманность съ каналомъ (№ Гл. К. 4565), по Р. Шпиталеру.

d. Спиральная туманность (№ Гл. К. 2903 и 2905), по Р. Шпиталеру.

e. Чечевицеобразная и вмѣстѣ спирально закрученная туманность съ круглымъ спутникомъ (№ Гл. К. 4627 и 4631), по Р. Шпиталеру.

f. Кометообразная туманность (№ Гл. К. 2261), по Р. Шпиталеру.

g. Круглая туманность съ сопровождающими ее внѣшними звѣздами (№ Гл. К. 2695), по Р. Шпиталеру.

h. Круглая туманность съ центральной звѣздой (№ Гл. К. 1514), по Р. Шпиталеру.

i. Крабовидная туманность въ Тельцѣ (№ Гл. К. 1952), по А. Секки.

(Рисунки отъ a до h получены съ большимъ Вѣнскимъ рефракторомъ.)

свѣтъ, который дѣйствуетъ на нашу сѣтчатку. Вполнѣ вѣроятно, какъ уже раньше указано, что туманности не находятся въ раскаленномъ состояніи, а свѣтятъ безъ теплового дѣйствія. Поэтому вполнѣ можно допустить, что среди плотныхъ внутреннихъ массъ газоваго шара атомы не обладаютъ достаточной свободой, чтобы вызвать эту фосфоресценцію, тогда какъ въ наружныхъ областяхъ необходимыя для этого условія существуютъ.

Распаденіе кольца на множество свѣтовыхъ узловъ подтверждается впрочемъ фотографіей. Денза на своей фотографіи насчиталъ ихъ съ помощью микроскопа 830. Слѣдовательно, эта туманность представляетъ переходное образованіе къ правильно сложившимся шарообразнымъ звѣзднымъ кучамъ, съ которыми мы скоро познакомимся.

Поразительное разрѣшеніе загадки кольцевой туманности Лиры приводитъ къ интереснымъ, но оригинальнымъ выводамъ. По видимой формѣ туманности, оказывается, нельзя еще судить объ истинной формѣ, въ какой вещество выполняетъ извѣстное пространство. Вполнѣ понятно, если до сихъ поръ мы были того мнѣнія, что тамъ, гдѣ въ туманности виденъ наиболѣе яркій свѣтъ, происходитъ и наиболѣе сильное сгущеніе вещества. Вообще это, повидимому, такъ и есть на самомъ дѣлѣ: мы видимъ, что большинство туманностей сгущаются къ центру, гдѣ это сгущеніе физически необходимо. Но въ болѣе сложныхъ, напр., въ спиральныхъ туманностяхъ видимое строеніе, можетъ быть, вызывается исключительно или въ значительной степени различнымъ распредѣленіемъ легче фосфоресцирующаго вещества. Тѣмъ не менѣе наши предположенія относительно процесса развитія этихъ образованій остаются въ силѣ: ибо подобное распредѣленіе вещества возможно только при тѣхъ условіяхъ, какія опредѣляли бы образованіе свѣтящихся вѣтвей и въ отсутствіи промежуточной несвѣтящейся матеріи.



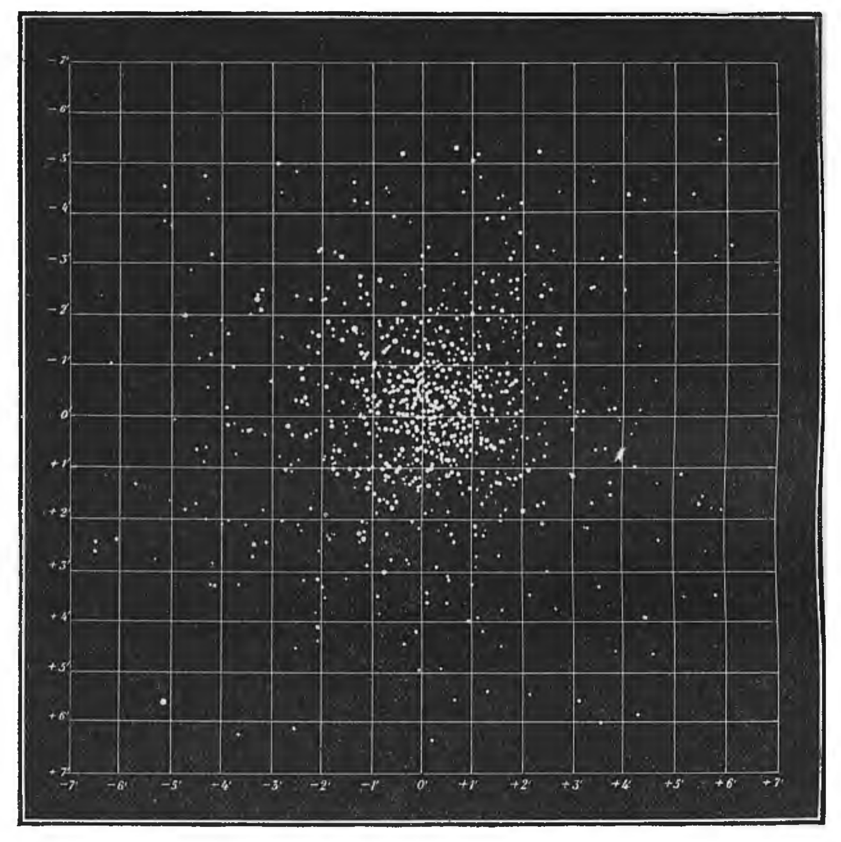
Звѣздная куча въ Вѣсахъ.
Ср. текстъ, стр. 365.

Въ высшей степени замѣчательное туманное образованіе, такъ называемая туманность Дёмбелль, вѣроятно, можетъ быть объяснено такимъ же образомъ, какъ и кольцевыя туманности. Это также сравнительно легко различимый объектъ въ созвѣздіи Лисы (AR 19^h 54^m, D — 22, 4⁰). Его внѣшнія очертанія имѣютъ очень слабую эллиптическую форму, но, вопреки большинству подобныхъ туманностей, здѣсь нѣтъ усиливающагося къ центру сгущенія. Самой же удивительной его частью являются двѣ большія почти дискообразныя темныя части, которыя напоминаютъ какъ бы шары гимнастической гири. Лучше еще все образованіе можно сравнить съ яйцомъ, имѣющимъ два желтка. Фогель сдѣлалъ прекрасный рисунокъ этого міроваго тѣла съ помощью большого вѣнскаго рефрактора; мы приводимъ его на таблицѣ II, фиг. b. Можетъ быть, что и эти темныя части состоятъ изъ тѣлъ, которыя хотя и не бѣдны веществомъ, но даютъ меньше свѣта.

Формы туманностей, которыя мы разсмотрѣли послѣдовательно, все болѣе и болѣе приближаются къ наиболѣе правильнымъ формамъ, именно къ планетарнымъ туманностямъ. Мы должны миновать нѣсколько промежуточныхъ стадій, и только мимоходомъ укажемъ на случайную рѣдкую

форму, которая поразительно напоминаетъ комету; на концѣ изогнутаго кометнаго хвоста находится ядро, неподвижная звѣзда (см. рисун. туманности № G. C. 2261, на табл. II, фиг. 1). Существуютъ различныя видоизмѣненія этой формы, но всегда на концѣ хвоста мы видимъ звѣзду: слѣдовательно, это не случайное совпаденіе.

Чисто планетарныя туманности также показываютъ самыя разнообразныя стадіи. Онѣ встрѣчаются довольно часто. Сравнительно съ эллиптическими и со спиральными туманностями, главная плоскость кото-



Звѣздная куча въ Геркулесѣ. По Шейнеру. Ср. текстъ, стр. 365.

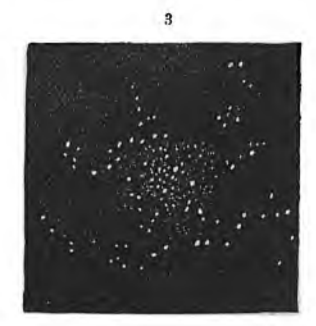
рыхъ стоитъ почти нормально къ линіи зрѣнія, количество планетарныхъ туманностей слишкомъ велико, и потому трудно допустить, что мы имѣемъ здѣсь передъ собою сравнительно плоскія тѣла, которыя мы видимъ въ наиболѣе благопріятномъ положеніи относительно насъ. Планетарныя туманности — это, несомнѣнно, шарообразныя міровыя тѣла, которыя во всѣхъ положеніяхъ проэктируются въ видѣ дисковъ. Сгущеніе дисковъ къ центру наблюдается во всевозможныхъ степеняхъ. Нѣкоторые диски, правда, очень рѣдкіе, свѣтятъ совершенно равномѣрно, и часто ограничены столь рѣзко, что ихъ можно было бы смѣшать съ дисками Урана или Нептуна. Поперечники этихъ туманностей измѣряются тѣми же предѣлами. На другихъ дискахъ замѣчается постепенное сгущеніе, и въ такомъ случаѣ очертанія ихъ большею частью оказываются нѣсколько расплывчатыми. Далѣе у иныхъ туманностей сгущеніе принимаетъ въ концѣ концовъ характеръ звѣзды. Наконецъ встрѣчаются и такія туманности, которыя заключаютъ въ своей срединѣ настоящую законченную

звѣзду. Нѣкоторыя изъ нихъ имѣютъ столь слабую туманную оболочку, что ее едва можно различать; тогда мы имѣемъ туманную звѣзду. Объ этихъ формахъ мы уже упоминали. Но не всегда внутри такого образованія находится только одна звѣзда; въ нѣкоторыхъ случаяхъ нѣсколько эллиптическая туманность этого класса имѣетъ двѣ звѣзды, которыя стоятъ какъ разъ въ обоихъ фокусахъ эллипса. Есть туманность, имѣющая три звѣзды, которыя, повидимому, образуютъ равносторонній треугольникъ. На иныхъ туманностяхъ по всему диску разсѣяно большое число звѣздъ. Самый крайній случай сгущенія планетарной туманности представляютъ, наконецъ, звѣздныя туманности Пикеринга, о которыхъ уже была рѣчь на стр. 340.

Планетарныя туманности со многими ядрами приводятъ насъ непосредственно къ собственно **звѣзднымъ кучамъ**. Нѣсколько образованій этого рода, которыя сначала причислялись къ планетарнымъ туманностямъ, съ усовершенствованіемъ нашихъ зрительныхъ аппаратовъ оказались необычайно тѣснымъ скопленіемъ звѣздъ, и изслѣдованіе ихъ свѣта въ спектроскопѣ показало, что въ противоположность звѣздовиднымъ

1

2

3


Звѣздная куча въ Геркулесѣ: 1) по лорду Россу, 2) по Дж. Гершелю, 3) по Секки. Ср. текстъ, стр. 366.

свѣтовымъ узламъ нѣкоторыхъ туманностей, напримѣръ, туманности въ Лирѣ, свѣтъ здѣсь въ самомъ дѣлѣ исходитъ отъ настоящихъ звѣздъ, между которыми нѣтъ замѣтныхъ слѣдовъ газовой матеріи. Одна такая тѣсная звѣздная куча совершенно круглой формы находится въ Водолеѣ (AR 21^h 28^m, D—1,3^0), см. рис. на стр. 362. Великолѣпный внѣшній видъ ея сравнивали съ кучей золотого песку. Эта звѣздная куча имѣетъ приблизительно полторы минуты въ поперечникѣ и состоитъ изъ совершенно крошечныхъ звѣздочекъ, которыя въ срединѣ стоятъ тѣснѣе, чѣмъ на краю, но не образуютъ внезапнаго ядрообразнаго сгущенія. Другія звѣздныя кучи обнаруживаютъ наоборотъ ясно выраженную концентрацію къ срединѣ. Какъ примѣръ, можно указать красивую звѣздную кучу въ Вѣсахъ (AR 15^h 14^m, D + 2,5^0), см. рисунокъ на стр. 363. Великолѣпное образованіе этого рода находится въ южномъ полушаріи въ созвѣздіи Центавра.

Не столь скученно и въ не столь ясную шаровидную форму группируются нѣсколько тысячъ звѣздъ въ красивѣйшей звѣздной кучѣ въ Геркулесѣ. Она производитъ впечатлѣніе горсти алмазовъ, брошенныхъ въ пространство (AR 16^h 37^m, D + 36, 7^0). Шейнеръ сдѣлалъ съ нея прекрасный снимокъ 9 сентября 1891 г. при двухчасовой экспозиціи и затѣмъ подвергъ пластинку точному изслѣдованію и измѣренію подъ микроскопомъ. Рис. на стр. 364 даетъ результаты этихъ измѣреній, помѣщенные

въ сѣткѣ. На этомъ изображенiи находится 823 звѣзды, принадлежащихъ къ 12—14 звѣзднымъ классамъ. Въ дѣйствительности все образованiе заполнено еще свѣтовой матерiей, среди которой иногда, въ наиболѣе благопрiятные моменты, блеститъ масса маленькихъ звѣздочекъ. Сгущенiе этого образованiя къ центру несомнѣнно, но звѣзды распространяются на далекое пространство, при чемъ количество ихъ съ разстоянiемъ быстро уменьшается. При болѣе тщательномъ разсматриванiи можно ясно различить особую лучеобразную группировку ихъ такого рода, что если бы искусственно распредѣлить свѣтъ этихъ звѣздъ на пространствѣ, занимаемомъ ими, то получилось бы образованiе, напоминающее спиральную туманность съ многочисленными вѣтвями. На третьемъ рисункѣ на стр. 365, изображающемъ эту же звѣздную кучу, можно ясно различить спирально изогнутыя вѣтви. Эти три рисунка, приведенные рядомъ, вновь показываютъ, какое различное впечатлѣнiе отъ одного и того же объекта получаютъ различные наблюдатели. Ясно выступающее здѣсь цѣпевидное образованiе, звѣздные ряды въ видѣ нитей бусъ встрѣчаются неоднократно въ другихъ звѣздныхъ кучахъ, особенно въ Млечномъ Пути.



Звѣздная куча въ Близнецахъ. Ср. текстъ, стр. 367.

Другiя звѣздныя кучи еще отчетливѣе показываютъ подобныя развѣтвленiя; напр., такъ называемая крабовидная туманность въ Тельцѣ (AR $5^h\,27^m$, D$+21{,}9^0$). Въ зрительные инструменты до большого рефлектора Гершеля эта куча казалась настоящей туманностью безъ всякаго слѣда звѣздъ. Гершель считалъ ее разрѣшимой, а лордъ Россъ различилъ въ ней отдѣльныя звѣзды. Развѣтвленiя, придающiя ей видъ краба или насѣкомаго (см. таблица II, фиг. i), впервые ясно увидѣлъ Россъ. Общiй видъ этого образованiя необычайно напоминаетъ неправильную или очень сложную спиральную туманность, тогда какъ здѣсь мы имѣемъ только тѣсное скопленiе звѣздъ. Если сопоставить звѣздообразныя сгущенiя настоящихъ туманностей съ этими туманообразными звѣздными кучами, — при чемъ многiя изъ нихъ имѣютъ еще сходныя формы, — то невольно возникаетъ мысль, что звѣздныя кучи произошли изъ туманностей вслѣдствiе образованiя свѣтовыхъ узловъ и постепеннаго сгущенiя ихъ въ звѣзды.



Двойная звѣздная куча въ Персеѣ. По фотографiи Г. Вита на обсерваторiи Уранiя. Ср. текстъ, стр. 367.

Отъ приведенныхъ до сихъ поръ звѣздныхъ кучъ, которыя стоятъ

около предѣла разрѣшаемости, рядъ всевозможныхъ переходныхъ формъ ведетъ къ совершенно свободнымъ звѣзднымъ скопленіямъ. Съ однимъ изъ таковыхъ мы уже познакомились въ группѣ Плеядъ. Почти всѣ формы, которыя мы нашли въ настоящихъ туманностяхъ, повторяются въ скопленіяхъ звѣздныхъ кучъ. Было бы утомительно еще разъ перечислять въ отдѣльности всѣ эти формы. Какъ одну изъ рѣдко повторяющихся формъ надо назвать большую звѣздную кучу въ Близнецахъ въ AR $6^h\ 49^m$, D $+18,1^0$. Какъ видно на рисункѣ, приведенномъ на стр. 366 вверху, она имѣетъ ясную вѣерообразную форму, а въ вершинѣ ея стоитъ нѣсколько очень яркихъ звѣздъ. Мы находимъ въ ней точную копію уже упомянутой кометообразной туманности, только здѣсь все уже несомнѣнно распалось на звѣзды. Встрѣчаются также эллиптическія и почти кольцеобразныя звѣздныя кучи.

Особеннаго упоминанія заслуживаютъ двойныя звѣздныя кучи, соотвѣтствующія двойнымъ туманностямъ. Самой красивой изъ нихъ, хотя уже очень раздѣлившейся, является звѣздная куча въ Персеѣ (см. рис. на стр. 366 внизу), одинъ изъ привлекательнѣйшихъ небесныхъ объектовъ для слабыхъ инструментовъ. Чтобы вполнѣ оцѣнить его красоту, нужно видѣть всю звѣздную кучу сразу, а это невозможно въ большіе инструменты съ ихъ ограниченнымъ полемъ зрѣнія. Положеніе главной группы: AR $2^h\ 10^m$, D $+ 56,6^0$. Просто глазомъ ее можно различить въ видѣ выемки въ Млечномъ Пути, на краю котораго она и лежитъ. Вся двойная группа занимаетъ площадь почти въ одинъ квадратный градусъ. Самая яркая звѣзда въ ней 6,5 величины. Въ одной только большой кучѣ Фогель насчиталъ 176 звѣздъ, до 13 величины; но кромѣ того въ ней находится еще много малыхъ звѣздъ, блескъ которыхъ замѣтенъ только изрѣдка. Необычайную красоту придаютъ этой кучѣ звѣздныхъ алмазовъ разсѣянныя въ ней отдѣльныя цвѣтныя звѣзды. Въ малой группѣ блеститъ великолѣпная рубиновая двойная звѣзда.

Обозрѣвая главнѣйшія формы туманныхъ пятенъ и звѣздныхъ кучъ, мы приходимъ къ тому выводу, что въ нихъ можно замѣтить два различныхъ пути развитія. Вообще, повидимому, всѣ онѣ исходятъ изъ первоначальной хаотической формы, и стремятся сложиться въ правильныя формы, сгущенныя кнутри. Образуются шарообразныя тѣла, которыя подъ вліяніемъ внѣшняго, еще неизвѣстнаго толчка принимаютъ форму спирали. Тогда какъ большинство туманныхъ шаровъ при безпрятственномъ развитіи сгущается все болѣе и болѣе, пока вся ихъ матерія, скопляясь въ центрѣ, не образуетъ звѣзды, т. е. одного единственнаго солнца, другія туманности, показывавшія первоначально также стремленіе сгущаться къ одной точкѣ, распадаются на массу отдѣльныхъ центровъ сгущенія. Поэтому изъ первоначальнаго связнаго мірового тѣла образуется цѣлый міръ отдѣльныхъ небесныхъ тѣлъ, которыя для зрителя, находящагося среди нихъ, должны представлять усѣянный звѣздами небесный сводъ, какой мы видимъ надъ нашими головами. Быть можетъ, туманныя массы, которыя сгущаются въ одно ядро, и на самомъ дѣлѣ, а не только повидимому, имѣютъ меньшій объемъ, чѣмъ тѣ, что образуютъ звѣздныя кучи. Истинныхъ размѣровъ ихъ мы уже не въ состояніи опредѣлить. Туманности, образующія всего одну звѣзду, должны поэтому находиться къ намъ гораздо ближе, чѣмъ звѣздныя кучи. Такъ какъ въ распредѣленіи туманностей, какъ сказано выше, была открыта нѣкоторая система, — именно, Млечный Путь туманныхъ пятенъ, — то вполнѣ возможно, что эти одноядерныя туманности суть только отдѣльные центры сгущенія первоначальнаго громаднаго туманнаго образованія, остатки котораго разбросаны еще по всему небу. Изъ него нѣкогда можетъ быть сгустились всѣ звѣзды нашего небеснаго свода въ одну громадную звѣздную кучу, въ которой наше солнце представляетъ такую же свѣтящуюся точку, какія мы видимъ въ другихъ многочисленныхъ, далеко отъ насъ лежащихъ звѣздныхъ кучахъ.

Перечень звѣздныхъ кучъ и туманностей для 1900 г.

Названіе	Прямое восхожденіе	Склоненіе	Краткое описаніе
Туманность Андромеды . .	0h 37,2m	+40° 44′	Большая, очень яркая, эллиптическая, 2° длины, 1/2° ширины.
Звѣздн. куча въ Кассіопеѣ	1 26,6	+60 16	Богатая, довольно яркая.
Звѣздн. куча въ Треугольникѣ	1 28,2	+30 8	Круглая яркая туманность съ поперечникомъ въ 40′. Разрѣшима на звѣзды.
Звѣздная куча h Персея .	2 12,0	+56 42	Очень большая, очень богатая. Звѣзды 7—14 величины.
Звѣздная куча χ Персея .	2 15,4	+56 41	Богатая. Звѣзды 7—14 величины.
Плеяды (η Tauri) .	3 41,5	+23 47	Большая разсѣянная звѣздная куча, съ яркими звѣздами.
Гіады (γ Tauri) . .	4 14,0	+15 23	Большая разсѣянная звѣздная куча, съ яркими звѣздами.
Крабовидная туманность въ Тельцѣ . .	5 28,5	+21 57	Эллиптическая, 5 1/2′ длины, 3 1/2′ ширины съ выступами.
Звѣздн. куча въ Возничемъ	5 29,7	+34 4	Довольно яркая, больш., звѣзды 9—11 вел.
Большая туманность Оріона	5 30,4	— 5 27	Очень яркая, очень большая съ звѣздами Трапеціи.
Туманность Оріона .	5 31,1	— 1 16	Очень большая туманн. кругомъ ε Orionis.
Звѣздн. куча въ Возничемъ	5 45,7	+32 31	Очень яркая, богатая (ок. 500 звѣздъ).
Звѣздн. куча въ Близнецахъ	6 2,6	+24 20	Большая, довольно тѣсная, звѣзды 9—16 величины.
Звѣздная куча въ Арго .	7 37,2	—14 33	Большая, богатая, съ эллиптической туманностью.
Звѣз. куча въ Ракѣ (ε Cancri)	8 34,5	+20 19	Большая, разбросанная. Praesepe, Ясли.
Звѣздная куча въ Ракѣ . .	8 45,9	+12 12	Очень большая (20—39′), 200 звѣздъ отъ 10—15 величины.
Туман. въ Большой Медвѣд.	9 47,3	+69 32	Эллиптическая, 15′ длины, 6′ ширины.
Туман. въ Большой Медвѣд.	11 9,9	+55 33	Планетарная туман., ок. 4′ въ поперечникѣ.
Туманность въ Дѣвѣ . .	12 26,9	+14 53	Довольно большая, эллиптическая, со сгущеніемъ въ срединѣ.
Туман. въ Гончихъ Собакахъ	12 46,2	+41 39	Планетарная туманность, такой яркости, какъ звѣзды 8 величины.
Спиральная туманность въ Гончихъ Собакахъ	13 25,7	+47 43	Знаменитая спиральная туманн. Лорда Росса. Два замѣтныхъ свѣтовыхъ узла.
	13 25,9	+47 47	
Звѣздная куча въ Гончихъ Собакахъ . . .	13 37,5	+28 53	Шарообразная звѣздная куча, по крайней мѣрѣ 1000 звѣздъ 11 вел. и ниже.
Звѣздная куча въ Вѣсахъ	15 14,5	+ 2 27	Очень плотная шарообразная звѣздная куча, съ звѣздами 11—15 величины.
Звѣздн. куча въ Скорпіонѣ	16 11,1	—22 44	Большая яркая шарообразная звѣздная куча, очень богатая.
Звѣздн. куча въ Геркулесѣ	16 38,2	+36 39	Очень яркая и богатая шарообразная звѣздная куча, съ сильнымъ сгущеніемъ къ срединѣ.
Звѣздн. куча въ Змѣеносцѣ	16 42,0	— 1 45	Богатая шарообразная звѣздная куча, со звѣздами 10—15 величины.
Звѣздн. куча въ Змѣеносцѣ	16 51,8	— 3 56	
Звѣздн. куча въ Геркулесѣ	17 14,1	+43 15	Большая шарообразная звѣздная куча съ сильнымъ сгущеніемъ въ серединѣ.
Туманность въ Стрѣльцѣ .	17 56,3	—23 2	Большая неправильная, трояко разсѣченная туманная группа.
Туманность въ Стрѣльцѣ .	17 57,7	—24 21	Разбросанная звѣздная куча съ яркой очень большой, въ высшей степени неправильной туманной группой.
Туманность вь Драконѣ .	17 58,6	+66 38	Нѣсколько эллиптическая планетарная туманность, яркая, съ ядромъ, синяя.
Омега-туман. въ Стрѣльцѣ	18 14,9	—16 13	Яркая, очень большая и неправильная.
Кольцев. туман. въ Лирѣ .	18 49,8	+32 54	Очень яркая, большая, эллиптическая.
Дёмбель туман. въ Лисицѣ	19 55,3	+22 26	Имѣетъ форму гимнастической гири, эллиптическая, большая ось 9′, малая 5′.
Туманность въ Водолеѣ .	20 58,7	—11 45	Очень яркая, маленькая, эллиптическая планетарная туманность.
Звѣздн. куча въ Кассіопеѣ	23 52,0	+56 10	Большая, богатая, сильно уплотненная звѣздная куча, со звѣздами 10—18 вел.

Соединеніе направо внизу.

Cassiopeja

Algol

Capella

Orion

Atair

Wega

Schwan

Cassiopeja

Соединеніе налѣво вверху.

„Міроздание".

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

СѢВЕРНЫЙ МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ.

(По Ч. Истону.)

17. Млечный Путь.

Немного найдется небесныхъ явленій, которыя производили бы на мыслящаго зрителя болѣе глубокое впечатлѣніе, чѣмъ видъ этого блестащаго пояса, который, повидимому, обнимаетъ всѣ міры, наполняющіе нашъ небесный сводъ. Для невооруженнаго глаза Млечный Путь, не смотря на всѣ развѣтвленія и различныя степени яркости, представляетъ одно большое цѣлое, единое міровое образованіе, замкнутое само въ себѣ, которое окружаетъ и включаетъ въ себя все небо вмѣстѣ съ нашимъ солнцемъ и съ нашей землей. Незачѣмъ даже углубляться въ подробное изученіе этого самаго громаднаго изъ чудесныхъ образованій нашего звѣзднаго неба, чтобы видѣть въ немъ кольцевое строеніе, охватывающее неимовѣрное скопленіе міровъ.

Во всемъ своемъ великолѣпіи Млечный Путь является въ экваторіальныхъ широтахъ нашей планеты, гдѣ при суточномъ обращеніи земли всѣ части небеснаго свода обязательно проходятъ надъ нашей головой, и потому въ теченіе года можно постепенно видѣть ночью все звѣздное небо, тогда какъ въ нашихъ широтахъ большая часть его остается вѣчно скрытой подъ горизонтомъ. Только тамъ глазамъ наблюдателя представляется замкнутое кольцо.

Уже на самыхъ первыхъ порахъ древніе астрономы, которые всѣ жили въ южныхъ широтахъ, относились къ этому великому поясу съ живымъ вниманіемъ, и удивительно, что на ряду съ фантастическими воззрѣніями (напр., нѣкоторые смотрѣли на него, какъ на свѣтовой слѣдъ, оставленный солнцемъ, которое прошло по этому пути; другіе полагали, что въ этомъ мѣстѣ проходитъ спай обоихъ небесныхъ полушарій, и сквозь щели его проникаетъ вѣчный свѣтъ изъ обиталища боговъ, находящагося за гранью міра),— повторяемъ, удивительно, что рядомъ съ подобными мнѣніями высказывались и такіе взгляды, которые могли найти себѣ подтвержденіе только при телескопическихъ наблюденіяхъ: Демокритъ и Манилій выражали убѣжденіе, что „Galaxia“ представляетъ скопленіе массы звѣздъ на маломъ пространствѣ.

Довольно подробное описаніе Млечнаго Пути даетъ уже Птоломей въ своемъ „Алмагестѣ“. Хотя оно и не достаточно, чтобы, руководясь имъ, можно было рѣшить вопросъ, произошли ли какія либо измѣненія въ положеніи и яркости этого свѣтлаго пояса, однако это древнее описаніе Млечнаго Пути показываетъ намъ, что въ крупныхъ чертахъ онъ не испыталъ измѣненій. Это значитъ, что мы имѣемъ передъ собою образованіе, которое должно находиться далеко за предѣлами солнечнаго царства, такъ какъ иначе неизбѣжныя въ природѣ перемѣщенія вещества въ Млечномъ Пути были бы замѣтны. Но для того, чтобы можно было въ будущемъ найти малыя измѣненія, которыя, конечно совершаются въ немъ, очень важно по возможности точно установить настоящую форму этого блестящаго пояса, который при нашихъ теперешнихъ знаніяхъ заключаетъ въ себѣ еще много загадочнаго. Но эта задача противъ ожиданія встрѣчаетъ затрудненія, ибо телескопъ, оказывающій всегда наблюдателю цѣнную и испытанную помощь, здѣсь безсиленъ: объектъ слишкомъ великъ, и даже самыя незначительныя увеличенія разлагаютъ это сіяніе на массу отдѣльныхъ свѣтлыхъ точекъ всѣхъ величинъ. Не остается ничего другого, какъ зарисовать мерцающія детали безъ всякихъ вспомогательныхъ средствъ. Конечно, это въ высшей степени трудная и кропотливая работа, если хотятъ имѣть результатъ, по возможности свободный отъ личныхъ толкованій и вполнѣ однообразный. Впечатлѣнія, какія производятъ отдѣльныя части этого пояса сравнительно съ другими, каждый вечеръ

мѣняются, такъ какъ мѣняется состояніе воздуха и положеніе объекта относительно горизонта. Нужно обладать выдающимся талантомъ и искусствомъ, чтобы одолѣть всѣ эти затрудненія.

Такіе рисунки выполнялись въ свое время Эдуардомъ Хейсомъ въ Мюнстерѣ (Вестфалія), отличавшимся необычайно острымъ зрѣніемъ, затѣмъ Германомъ I. Клейномъ въ Кёльнѣ, а въ послѣднее время Бёддикеромъ, астрономомъ ирландской частной обсерваторіи лорда Росса и, наконецъ, въ самое послѣднее время Истономъ (Easton) въ Дордрехтѣ (Голландія). Всѣ эти рисунки самое большое обнимаютъ, конечно, только часть Млечнаго Пути, видимую въ нашихъ широтахъ, т. е. не болѣе половины этого громаднаго кольца. Хотя въ теченіе года у насъ и можно видѣть больше этого, но южныя части остаются столь близко къ горизонту, что при зарисовываніи невозможно избѣжать ошибокъ.

Карту Млечнаго Пути Истона мы даемъ на прилагаемой таблицѣ. Истонъ кромѣ этой общей картины даетъ въ своей книгѣ еще три спеціальныхъ карты нѣкоторыхъ областей, выполненныя въ нѣсколько большемъ масштабѣ. Эти четыре листа представляютъ результатъ почти пятилѣтняго труда; работа выполнялась съ 1882 по 1887 г. Истонъ различаетъ 164 отдѣльныхъ поясовъ, пятенъ, свѣтовыхъ мостовъ и т. п. подробностей, которыя онъ внесъ въ каталогъ. На нашемъ рисункѣ мы особо отмѣтили только самые выдающіеся объекты.

Чтобы составить понятіе о томъ, какъ различно истолковываются детали Млечнаго Пути, сливающіяся между собою, стоитъ только сравнить этотъ рисунокъ Истона съ одной стороны съ рисункомъ Млечнаго Пути на нашей картѣ сѣв. звѣзднаго неба по Хейсу и Аргеландеру (стр. 316), съ другой стороны съ изображеніемъ Млечнаго Пути на картѣ туманныхъ пятенъ Уотерса (сѣверное полушаріе), сдѣланнымъ по Бёддикеру (стр. 379). На этихъ изображеніяхъ глазамъ представляется безпорядочное скопленіе подробностей, въ которомъ невозможно различить какую либо правильность. Чтобы отмѣтить, по крайней мѣрѣ, главныя части, прослѣдимъ Млечный Путь по рисунку Истона и начнемъ съ южной вѣтви, которая въ наши зимнія ночи тянется надъ созвѣздіями Большого Пса и Оріона. Въ самомъ Млечномъ Пути въ этой части лежитъ мало замѣчательное созвѣздіе Единорога. Для неособенно остраго и малоопытнаго глаза Млечный Путь въ этомъ мѣстѣ представляется довольно узкимъ и слабо свѣтящимся. Совсѣмъ слабаго туманнаго сіянія, которое, какъ показано на рисункѣ Истона, тянется надъ всѣмъ созвѣздіемъ Оріона, обыкновенному глазу никогда не различить. Поэтому здѣсь Млечный Путь имѣетъ очень неопредѣленное очертаніе. Но на дальнѣйшемъ протяженіи между Близнецами и Тельцомъ, до созвѣздія Возничаго, его блескъ усиливается. Неопытный наблюдатель видитъ тамъ только одну сплошную свѣтящуюся ленту, края которой неясно сливаются съ окружающимъ небеснымъ пространствомъ, хотя паденіе яркости здѣсь замѣтнѣе, чѣмъ въ болѣе южныхъ частяхъ. На рисункѣ Истона можно видѣть, что и здѣсь свѣтовое мерцаніе во многихъ мѣстахъ стягивается въ большіе неясно ограниченные облака, тогда какъ другія мѣста, большею частью вблизи яркихъ звѣздъ, кажутся замѣтно темнѣе окрестныхъ частей. Напримѣръ, такое темное пятно находится южнѣе β Tauri. Но южнѣе красивой Капеллы, главной звѣзды въ Возничемъ, которая, какъ намъ уже извѣстно, является наиболѣе сходной съ солнцемъ изъ всѣхъ спектроскопически изслѣдованныхъ звѣздъ, этотъ удивительный свѣтовой поясъ сгущается снова.

Разнообразно перерѣзанный яркими мостами и темными каналами, вырѣзами и выступами, Млечный Путь тянется затѣмъ черезъ Персей къ Кассіопеѣ, включая въ первомъ созвѣздіи извѣстную намъ двойную звѣздную кучу. На нашей картѣ Истона блестящая фигура W созвѣздія Кас-

сіопеи, лежащая по срединѣ Млечнаго Пути, какъ разъ приходится на его раздвоеніи. Блескъ Млечнаго Пути все увеличивается и наибольшей силы въ сѣверномъ полушаріи достигаетъ въ созвѣздіи Лебедя. Здѣсь нѣкоторыя детали выступаютъ столь отчетливо, что не могутъ ускользнуть даже отъ неопытнаго глаза. Отъ звѣзды α (Денебъ) этого созвѣздія, которая находится въ вершинѣ фигуры, напоминающей намъ бумажнаго змѣя, и образованной пятью самыми главными звѣздами Лебедя, — длинная ось фигуры совпадаетъ какъ разъ съ направленіемъ Млечнаго Пути, — идетъ къ Кассіопеѣ особенно яркая часть. Нѣсколько къ сѣверо-востоку (на нашей картѣ слѣва вверху) замѣчается наоборотъ очень рѣзкое темное пятно, окруженное мерцаніемъ Млечнаго Пути. Истонъ называетъ его угольнымъ мѣшкомъ сѣвернаго полушарія, по сходству съ двумя еще болѣе замѣтными объектами подобнаго рода въ Млечномъ Пути южнаго полушарія. За звѣздой γ Cygni (Лебедя), по срединѣ упомянутой фигуры бумажнаго змѣя, идетъ длинное свѣтовое облако на подобіе кометнаго хвоста. Оно доходитъ до звѣзды β въ самомъ концѣ созвѣздія Лебедя и представляетъ, пожалуй, самое замѣтное образованіе въ сѣверной части Млечнаго Пути. Вообще эта часть, принадлежащая Лебедю, есть наиболѣе красивая во всемъ поясѣ, на сколько мы его можемъ видѣть въ нашихъ широтахъ.

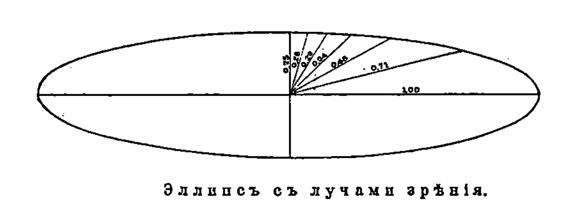
Къ югу отъ линіи, соединяющей звѣзды α и γ въ Лебедѣ начинается широкій темный каналъ,пересѣкающій средину Млечнаго Пути, который тутъ же раздваивается и при этомъ сильно увеличивается въ ширину. На протяженіи, не менѣе четверти всего небеснаго свода, обѣ вѣтви все болѣе удаляются другъ отъ друга. Южная часть при этомъ остается болѣе отчетливой и въ созвѣздіи Стрѣльца достигаетъ наибольшей яркости, хотя это созвѣздіе и стоитъ уже очень близко къ горизонту. Карта Истона не доходитъ, однако, до созвѣздія Стрѣльца, а только до небольшого созвѣздія Щита Собѣскаго. Это созвѣздіе замѣчательно не по своимъ яркимъ звѣздамъ, а по скопленію звѣздныхъ кучъ, и по большой туманности Омеги. Сѣверная вѣтвь Млечнаго Пути въ созвѣздіи Змѣи прерывается, или же становится чрезвычайно слабой, а затѣмъ вновь усиливается въ созвѣздіи Скорпіона, гдѣ Млечный Путь достигаетъ наибольшей своей ширины.

Переходя къ тѣмъ частямъ южнаго полушарія, которыя никогда не видны въ нашихъ широтахъ, мы замѣчаемъ, что Млечный Путь вновь съуживается и соединяется около созвѣздія Южнаго Креста въ одну ленту, которая, впрочемъ, тотчасъ же за Крестомъ очень рѣзко прерывается такъ называемымъ большимъ угольнымъ мѣшкомъ. Начиная отсюда, ширина и яркость пояса все уменьшаются, и въ созвѣздіи Корабля поясъ на короткомъ протяженіи какъ будто исчезаетъ совсѣмъ. Почти на 20^0 дальше къ сѣверу мы встрѣчаемъ въ Единорогѣ опять ту часть этого блестящаго кольца, съ которой мы начали наше описаніе.

При этомъ обзорѣ бросаются въ глаза прежде всего двѣ вещи: постепенное усиленіе яркости и одновременное съ нимъ расширеніе пояса. Если нанести весь Млечный Путь на глобусъ, то окажется, что какъ разъ противъ наиболѣе узкаго и слабо свѣтящагося мѣста лежитъ наиболѣе широкая и наиболѣе яркая его часть. Въ этой послѣдней можно различить наиболѣе подробностей, и именно здѣсь отчетливо выступаетъ раздвоеніе Млечнаго Пути. Эти факты невольно приводятъ къ предположенію, что мы, занимая эксцентричное положеніе внутри великаго кольца, находимся ближе къ его яркой области, чѣмъ къ противоположной. Слѣдовательно, къ этому звѣздному вѣнцу, окружающему насъ, мы ближе въ направленіи къ созвѣздію Лебедя или Орла, чѣмъ въ направленіи Единорога или Корабля Арго. Далѣе, на глобусѣ сразу видно, что Млечный Путь окружаетъ небесный сводъ не по такъ называемому большому кругу. Дѣйствительно, если отъ какой либо точки Млечнаго Пути

провести прямую линію къ діаметрально противоположной его точкѣ, то она никогда не проходитъ черезъ центръ глобуса, а всегда нѣсколько южнѣе его. Если поставить глобусъ такъ, чтобы созвѣздіе Волосъ Вероники находилось въ зенитѣ, то почти весь Млечный Путь останется ниже горизонта. Такимъ образомъ, мы должны находиться къ сѣверу отъ главной плоскости, которую можно провести черезъ это кольцо, охватывающее вселенную. На границѣ между созвѣздіемъ Волосъ Вероники и Гончихъ Собакъ при прямомъ восхожденіи $12^h\ 38^m$ и $31{,}5^0$ сѣв. склон., лежитъ сѣверный полюсъ Млечнаго Пути, т. е. точка, одинаково удаленная отъ всѣхъ его частей, поскольку это возможно опредѣлить при неправильности великаго кольца.

Впрочемъ, съ перваго взгляда можно видѣть, что Млечный Путь не можетъ представлять связнаго цѣлаго, напр., правильной кольцевой формы. Развѣтвленія, выемки, выступы, свѣтлыя и темныя пятна всевозможныхъ формъ, каналы и свѣтлые перешейки указываютъ на очень сложное его строеніе. Если мы хотимъ открыть въ немъ какой нибудь порядокъ, то мы прежде всего должны выяснить характеръ проэкцій, въ условіяхъ которой мы видимъ эти детали. Основную форму кольца, какую въ грубыхъ чертахъ представляетъ для насъ скопленіе вещества Млечнаго Пути, можетъ дать также плоское чечевицеобразное тѣло, когда глазъ находится приблизительно въ его срединѣ. Если мы обратимъ тогда нашъ взглядъ къ ребру чечевицы, то въ этомъ направленіи намъ придется проникать взглядомъ сквозь наибольшее количество вещества, и если это вещество свѣтящееся, то мы получимъ отъ него наибольшее количество свѣтовыхъ впечатлѣній. Чѣмъ дальше мы будемъ удалять нашъ взоръ отъ этой главной плоскости, тѣмъ менѣе вещества встрѣтитъ въ чечевицѣ линія нашего зрѣнія, какъ это наглядно видно на прилагаемомъ схематическомъ рисункѣ. Положимъ, напр., что изображенный здѣсь эллипсъ равномѣрно наполненъ блестящими точками, звѣздами, и что вдоль большой оси ихъ можно насчитать 100; въ такомъ случаѣ въ перпендикулярномъ направленіи мы насчитали бы ихъ всего 25. Если свѣтъ этихъ блестящихъ точекъ для нашего глаза сольется въ одно свѣтящееся цѣлое, то по одному направленію его яркость будетъ вчетверо больше, чѣмъ по другому. Если уменьшеніе яркости отъ большой оси къ малой и измѣняется непрерывно, то около первой это уменьшеніе совершается быстрѣе, чѣмъ около второй. Мы раздѣлили одинъ квадрантъ эллипса на шесть частей, изъ которыхъ каждая отвѣчаетъ 15 градусамъ. Вычисленіе показываетъ, что на разстояніи 15 градусовъ отъ большой оси мы насчитали бы всего 71 звѣзду вмѣсто 100. Слѣдовательно, яркость уменьшается болѣе, чѣмъ на четверть своего наибольшаго значенія. Но вблизи малой оси для того же угла мы имѣемъ всего отношеніе 25 : 26.



Эллипсъ съ лучами зрѣнія.

Итакъ, даже при условіи вполнѣ равномѣрнаго распредѣленія звѣздъ, для нашего глаза нѣкоторыя мѣста кажущагося кольца вполнѣ ясно представлялись бы болѣе свѣтлыми. Но и плоское кольцеобразное тѣло, имѣющее, напр., форму кольцевой туманности въ Лирѣ, обнаружило бы подобное же распредѣленіе свѣта. Наконецъ, Млечный Путь можетъ представлять болѣе или менѣе сплошную очень плоскую спираль, вѣтви которой проэктируются для насъ, главнымъ образомъ, одна на другую и потому не различаются въ отдѣльности. Если имѣть въ виду только общія очертанія всего образованія, — вмѣсто чечевицеобраз-

наго тѣла можно представить также отдѣльное скопленіе малыхъ шаровъ матеріи, которое при разсматриваніи издали представятъ форму чечевицы,— то помимо названныхъ, другихъ формъ, которыя стояли бы въ согласіи съ фактами, пожалуй, невозможно и отыскать.



Фотографія одного участка Млечнаго Пути вблизи звѣзды ε въ Лебедѣ. Получена Бернердомъ 25 сент. 1890 г. при экспозиціи въ 5 часовъ 20 мин.

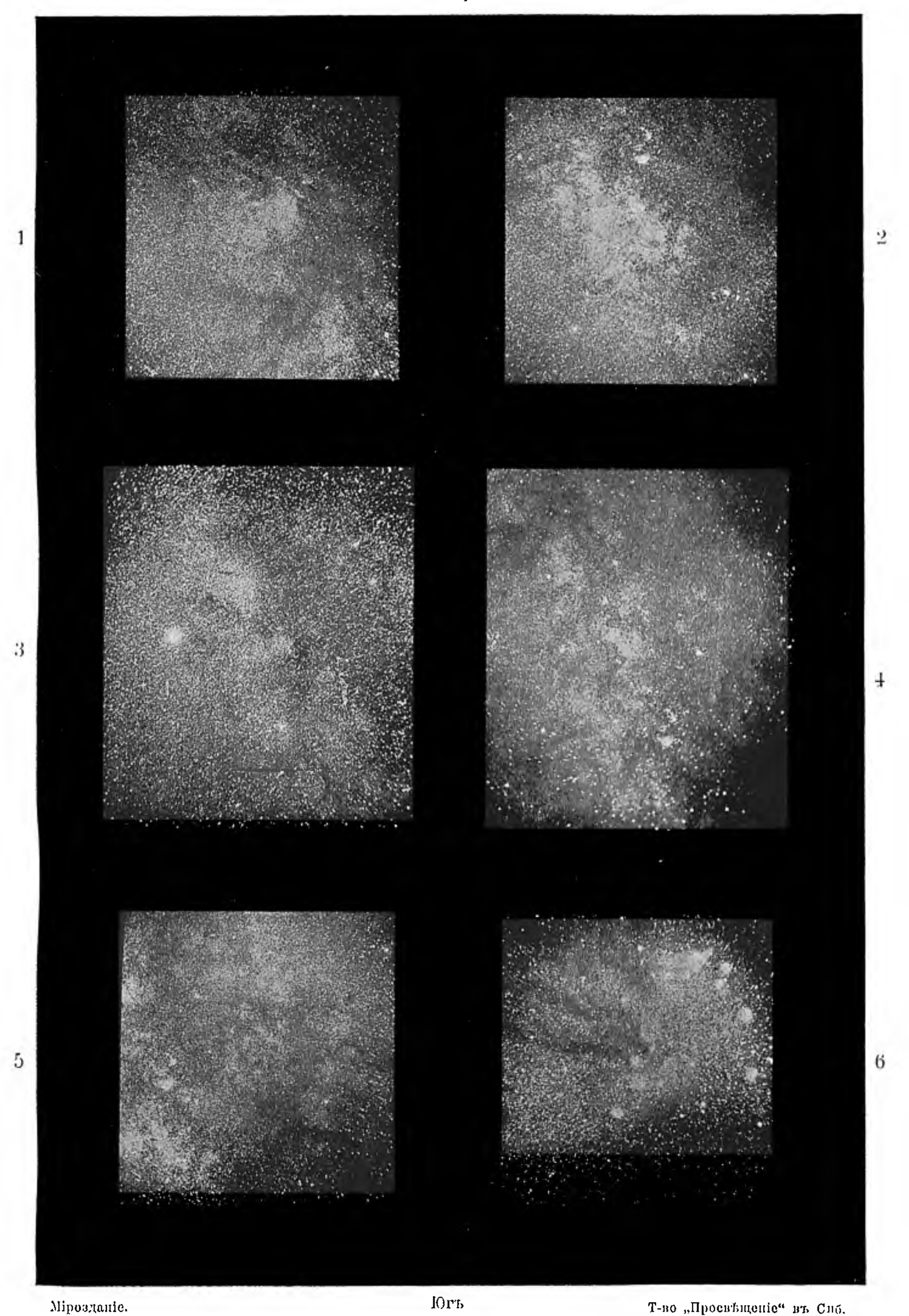
То обстоятельство, что Млечный Путь можно подвести только подъ одну изъ трехъ основныхъ формъ, которыя мы уже встрѣчали на звѣздномъ небѣ среди туманныхъ пятенъ и звѣздныхъ кучъ, приводитъ насъ къ мысли, что онъ и въ самомъ дѣлѣ, можетъ представлять подобное образованіе, въ среднихъ областяхъ котораго находится наше солнце вмѣстѣ съ нами. Другими словами, это есть громадная звѣздная система,

подобная тѣмъ звѣзднымъ кучамъ, какія мы несравненно лучше можемъ различать, когда онѣ лежатъ за предѣлами нашей системы. Намъ извѣстно, что уже съ незначительными оптическими средствами Млечный



Фотографія одного участка Млечнаго Пути вблизи звѣзды 15 въ Единорогѣ. Получена Бернердомъ 1 февр. 1894 г. при трехчасовой экспозиціи.

Путь можно разложить на неисчислимое количество звѣздъ: значитъ, онъ дѣйствительно, представляетъ звѣздную кучу. Попробуемъ теперь опредѣлить, какими особенными свойствами должна обладать эта куча. Вооружимся телескопомъ. Но какъ намъ справиться съ этими неисчислимыми милліонами звѣздъ, и открыть среди нихъ связь и порядокъ? Стоитъ



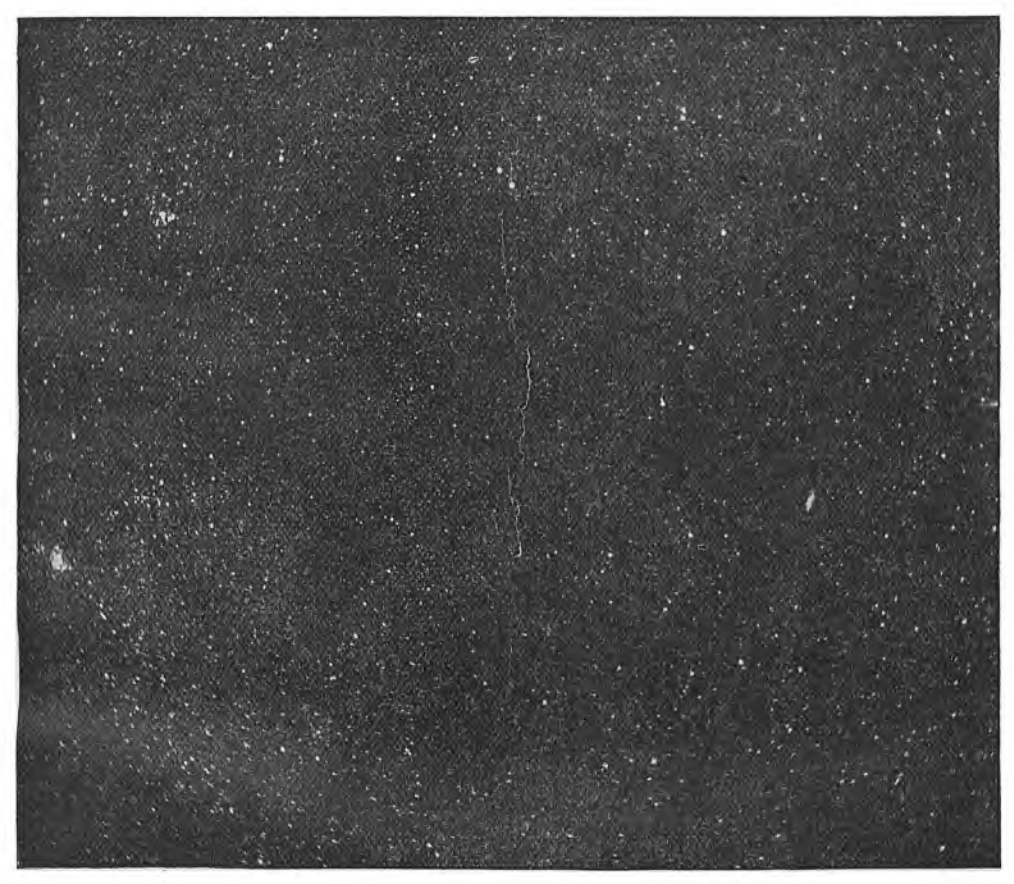
Міозданіе. Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

ФОТОГРАФІИ РАЗЛИЧНЫХЪ ЧАСТЕЙ МЛЕЧНАГО ПУТИ,

полученныя въ 1895 г. Барнардомъ (на Ликской обсерваторіи) $1\frac{1}{2}$ дюймовой линзой.

1. Часть Млечнаго Пути у туманности Мессье 11 (R. A. $18^h\ 40^m$, Decl. —8°, 16 августа 1895);
2. въ созвѣздіи Стрѣльца, у хвоста Скорпіона, съ туманностью Мессье 8 (R. A. $17^h\ 56^m$, Decl. —28°, 23 августа 1895);
3. у α Aquilae (Альтаиръ; яркая звѣзда налѣво отъ центральной точки) (R. A. $19^h\ 20^m$, Decl. +8°, 17 августа 1895);
4. въ созвѣздіи Стрѣльца, между туманностями Трифидъ и Омега (R. A. $18^h\ 0^m$, Decl. —19°, 19 іюня 1895)
5. между туманностью Трифидъ и ϑ Ophiuchi (R. A. $17^h\ 40^m$, Decl. —23°, 26 іюня 1895);
6. у α Scorpii (Антаресъ) (R. A. $16^h\ 20^m$, Decl. —23°, 30 марта 1895).

только взглянуть на фотографію (стр. 373) той части Млечнаго Пути, которая находится въ Лебедѣ, снятую Бернердомъ съ шести дюймовымъ аппаратомъ, чтобы понять отчаяніе астрономовъ при видѣ этого подавляющаго изобилія звѣздъ. Не можетъ быть и рѣчи объ ихъ счетѣ или о распредѣленіи ихъ по звѣзднымъ классамъ, а также объ опредѣленіи взаимныхъ разстояній, но, вѣдь, только этимъ способомъ и можно узнать кое-что объ истинномъ устройствѣ этого великаго скопленія міровъ. Фотографія пока



Участокъ Млечнаго Пути южнаго полушарія. По фотографіи Рёсселя въ Сиднеѣ.

оказываетъ въ данномъ случаѣ очень малую помощь. За послѣднее время дѣлались попытки производить снимки Млечнаго Пути при помощи небольшихъ аппаратовъ, которые даютъ слабое увеличеніе и въ этомъ отношеніи мало отличаются отъ человѣческаго глаза (см прилагаемую таблицу стр. 375). Но все-таки фотографіи Млечнаго Пути, снятыя и съ большими аппаратами, показываютъ интересныя характерныя черты общаго его устройства. Такъ, напр., мы укажемъ на прекрасный снимокъ (стр. 374), полученный Бернердомъ съ той части Млечнаго Пути, которая находится въ созвѣздіи Единорога. Онъ полученъ былъ 1 февраля 1894 г. съ шестидюймовой линзой при трехчасовой экспозиціи.

Мы уже знаемъ, что эта часть Млечнаго Пути принадлежитъ къ наиболѣе слабо свѣтящимся, и однако какое подавляющее богатство звѣздъ всѣхъ величинъ, начиная отъ шестой или седьмой и кончая самыми мельчайшими звѣздами, которыя даже на фотографіи сливаются въ неразрѣ-

шимую туманность, запечатлѣлось на этомъ снимкѣ, обнимающемъ всего нѣсколько квадратныхъ градусовъ! Чтобы составить хотя приблизительное понятіе о звѣздномъ богатствѣ даннаго мѣста, мы сосчитали звѣздныя точки въ той области снимка, которая имѣетъ среднюю яркость и нашли ихъ на пространствѣ одного квадратнаго сантиметра около 290. На всемъ изображеніи, слѣдовательно, находится круглымъ числомъ 60.000 звѣздъ. Столь же богатымъ оказывается Млечный Путь и въ южномъ полушаріи, для котораго Рёссель въ Сиднеѣ сдѣлалъ прекрасные снимки (стр. 375). Одинъ изъ нихъ, снятый 15 августа 1890 г. при трехчасовой экспозиціи, изображаетъ область при AR 16^h 38^m, D—55,5°. Сравнивая эту фотографію съ фотографіей Бернерда, снятой съ такими же оптическими средствами и при такой же продолжительности экспозиціи, мы получили бы совершенно ложное представленіе объ относительномъ распредѣленіи звѣздъ въ этихъ обѣихъ областяхъ. Изображеніе Бернерда кажется гораздо богаче звѣздами, чѣмъ изображеніе Рёсселя, а между тѣмъ первое соотвѣтствуетъ гораздо болѣе бѣдной области, чѣмъ второе. Полная однородность пластинокъ и совершенно одинаковая ихъ обработка, — къ чему стремятся при изготовленіи большихъ фотографическихъ небесныхъ картъ (см. стр. 320), — надо думать, позволятъ когда нибудь произвести лучшее сравненіе отдѣльныхъ частей Млечнаго Пути.

Чтобы отыскать общую правильность въ распредѣленіи звѣздъ въ Млечномъ Пути, приходится, въ виду черезъ чуръ подавляющаго ихъ количества, ограничиться методомъ оцѣнки: именно, подобно тому, какъ мы это дѣлали выше, можно производить счетъ только на небольшихъ областяхъ, и затѣмъ дѣлать общій разсчетъ, предполагая что распредѣленіе въ остальныхъ областяхъ измѣняется непрерывно. Этотъ методъ, впервые примѣненный старшимъ Гершелемъ, названъ методомъ черпковъ. Гершель направлялъ телескопъ на опредѣленное мѣсто неба; положеніе этого мѣста относительно главной плоскости Млечнаго Пути онъ отмѣчалъ одновременно съ количествомъ звѣздъ, которое сосчитывалъ въ полѣ зрѣнія телескопа. Различіе въ яркости звѣздъ въ разсчетъ не принималось. Онъ обращалъ вниманіе только на то, чтобы бралось всегда одно и тоже отверстіе объектива и чтобы наблюденія производились всегда при одинаково хорошемъ состояніи воздуха. Этимъ ставился извѣстный предѣлъ такъ называемой проницающей силѣ телескопа. Именно, исходя изъ допущенія, что истинная величина и яркость звѣздъ во всѣхъ частяхъ мірового пространства въ среднемъ одинаковы, мы должны заключить, что телескопъ опредѣленной оптической силы позволитъ различать эту среднюю величину только до опредѣленнаго разстоянія; другими словами, для даннаго телескопа существуетъ извѣстный предѣлъ, которымъ и опредѣляется область его изслѣдованія. Въ предѣлахъ такой области мірового пространства, которая уже не поддается измѣренію человѣческой мѣрой, и которую охватывалъ одинъ изъ знаменитѣйшихъ телескоповъ Гершеля, названный изслѣдователь сосчиталъ количество звѣздъ въ полѣ зрѣнія телескопа для 3.400 черпковъ. Поле зрѣнія всѣхъ этихъ черпковъ равнялось четвертой части видимаго луннаго диска. Сынъ Вильяма Гершеля, Джонъ Гершель, пополнилъ эту кропотливую работу еще 2299 черпками въ южномъ полушаріи. Въ послѣднее время такія же работы были повторены Эпштейномъ во Франкфуртѣ на Майнѣ. Изъ сосчитыванія числа звѣздъ въ отдѣльныхъ черпкахъ опредѣлялись среднія величины для одинаковыхъ положеній поля зрѣнія относительно основной плоскости Млечнаго Пути, и затѣмъ вычисленія группировались различнымъ образомъ.

Какъ и слѣдовало ожидать, найдено было сильное уменьшеніе количества звѣздъ съ увеличеніемъ разстоянія отъ параллельнаго круга, вдоль котораго сосредоточивается мерцаніе Млечнаго Пути. На этомъ кругѣ,

напр., по счету Гершеля, среднее количество звѣздъ было 122; на разстояніи же 15° къ сѣверу отъ него Гершель насчиталъ всего 30 звѣздъ. На этомъ разстояніи, — исключая, можетъ быть, самыхъ широкихъ мѣстъ Млечнаго Пути, — мы выходимъ уже за предѣлы его свѣтового сіянія, ощущаемаго просто глазомъ. При дальнѣйшемъ удаленіи отъ главной плоскости, можно наблюдать, что количество звѣздъ все болѣе и болѣе убываетъ съ очевидной правильностью. Оно доходитъ до абсолютнаго минимума для всего неба какъ разъ въ двухъ точкахъ, которыя дальше всего находятся къ сѣверу и югу отъ главнаго протяженія Млечнаго пути, т. е. на полюсахъ этого образованія. Напр., на разстояніи 30° отъ Млечнаго Пути въ сѣверномъ полушаріи находится почти вдвое меньше звѣздъ, чѣмъ на разстояніи 15°, именно 18 вмѣсто 30; на разстояніи 45° оказывается всего 10 звѣздъ, на 60°—6-7 звѣздъ. Окрестности самого полюса Млечнаго Пути почти лишены звѣздъ. Какъ уже сказано, рѣчь идетъ здѣсь только о среднихъ числахъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ слой звѣздъ въ Млечномъ Пути оказался совершенно непроницаемымъ, какъ для гигантскаго телескопа Гершеля, такъ и для лучшихъ современныхъ телескоповъ, такъ какъ позади трудно различимыхъ звѣздъ разстилается все еще туманный свѣтовой покровъ.



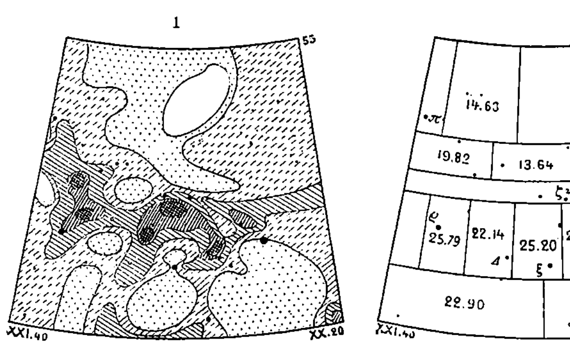
Участокъ Млечнаго Пути около α Cygni (Лебедя), вмѣстѣ съ новою туманностью „Америка", съ фотографіи М. Вольфа въ Гейдельбергѣ. (Время экспозиціи 13 часовъ 5 мин.) Ср. текстъ, стр. 378.

Указанная правильность въ распредѣленіи всѣхъ звѣздъ на небѣ, въ которой проявляется несомнѣнная зависимость относительно положенія Млечнаго Пути служитъ вѣрнымъ доказательствомъ того, что всѣ эти звѣзды принадлежатъ къ громадной звѣздной системѣ Млечнаго Пути. Значитъ и мы входимъ въ составъ этой же звѣздной системы, а не случайно только попали въ непосредственную близость къ ея главной плоскости.

Но труднѣе разрѣшить вопросъ, обладаютъ ли звѣзды, вызывающія собственное сіяніе Млечнаго Пути, тѣмъ же характеромъ и такой же величиной, какъ и звѣзды, которыя усѣиваютъ небесный сводъ внѣ Млечнаго

Пути. Мы уже указывали, что Гершель наблюдалъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ позади самыхъ мелкихъ звѣздъ, на большомъ протяженіи свѣтовой туманный покровъ, который онъ считалъ еще разрѣшимымъ на звѣзды. Чѣмъ дольше длится экспозиція при фотографированіи неба, тѣмъ чаще свѣточувствительная пластинка открываетъ въ Млечномъ Пути туманныя образованія этого рода, которыя иногда тянутся далеко за его предѣлы; напр., большія туманности, открытыя фотографіею въ Плеядахъ и Оріонѣ, вѣроятно стоятъ въ связи съ полосою Млечнаго Пути. Хотя спектроскопъ оказывается безсильнымъ въ изслѣдованіи физической природы этихъ необычайно слабыхъ свѣтовыхъ мерцаній, но все говоритъ за то, что здѣсь передъ нами не тѣсно скученныя звѣзды, а настоящія газовыя туманности. Итакъ, возникаетъ вопросъ, дѣйствительно ли Млечный путь представляетъ разрѣшимую звѣздную кучу, или его свѣтъ вызывается въ значительной степени этими туманными массами.

Въ этомъ отношеніи интересна фотографія (стр. 377) Млечнаго Пути, именно вышеописанной части его, находящейся въ окрестностяхъ звѣзды α въ созвѣздіи Лебедя. Фотографія эта получена Вольфомъ въ Гейдельбергѣ при 13-часовой экспозиціи. Сравненіе ея съ рисункомъ Истона подтверждаетъ нѣкоторыя подробности послѣдняго, но съ другой стороны на ней замѣтны туманныя массы, которыя хотя представляютъ тотъ же характеръ, что и остальная часть рисунка или фотографіи, однако, съ большой вѣроятностью могутъ считаться настоящими туманностями. Это относится особенно къ такъ называемой туманности Америка (см. на правомъ краѣ снимка Вольфа), о которой мы уже говорили раньше, и которая главнымъ образомъ испускаетъ ультрафіолетовый свѣтъ.

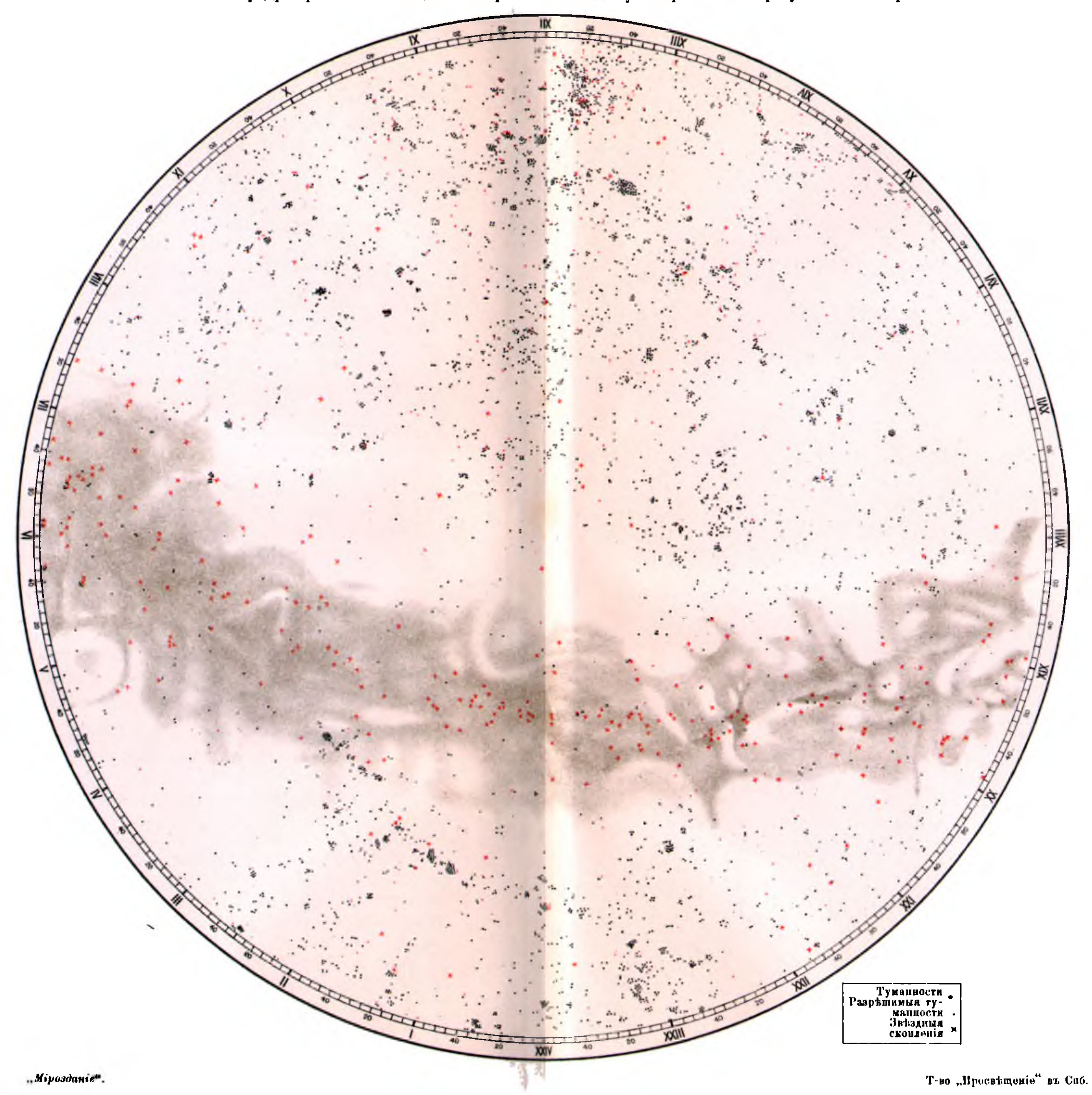


Схематическіе чертежи: 1) указываетъ мѣста одинаковой яркости въ области Млечнаго Пути, лежащей въ Лебедѣ; 2) содержитъ числа Пласмана, показывающія относительное количество звѣздъ въ той же области. Ср. текстъ, стр. 379.

Во всякомъ случаѣ сіяніе Млечнаго Пути зависитъ главнымъ образомъ не отъ крупныхъ, а отъ малыхъ и даже самыхъ малыхъ звѣздъ, отъ **11** величины и ниже. Правда, число звѣздъ до 9,5 величины, внесенныхъ въ каталогъ, также несомнѣнно увеличивается по мѣрѣ приближенія къ Млечному Пути, какъ это сразу видно при взглядѣ на карты каталога („Durchmusterung") Аргеландера; но законъ этого увеличенія совершенно иной, чѣмъ тотъ, какой получался при сосчитываніяхъ числа звѣздъ въ черпкахъ Гершеля. Въ послѣднихъ наибольшее количество звѣздъ относилось къ наименьшему въ соотвѣтственныхъ крайнихъ областяхъ приблизительно какъ 14: 1; для звѣздъ же отъ 1 до 9 величины это отношеніе всего только 2,5: 1. Слѣдовательно, возрастаніе количества звѣздъ съ приближеніемъ къ Млечному Пути гораздо менѣе для яркихъ, т. е. въ среднемъ для болѣе близкихъ къ намъ звѣздъ, занимающихъ центральную часть всего этого образованія, чѣмъ для отдаленныхъ меньшихъ звѣздъ, находящихся на границѣ звѣздной кучи. Такъ какъ это отношеніе для звѣздныхъ классовъ выше 9—10 измѣняется довольно рѣзко, то можно предполагать, что внутреннее скопленіе солнцъ, къ которому принадлежатъ и наше солнце, отдѣлено отъ наружнаго кольца Млечнаго Пути (сложное образованіе мы

РАСПРЕДѢЛЕНІЕ ТУМАННОСТЕЙ И ЗВѢЗДНЫХЪ СКОПЛЕНІЙ ВЪ СѢВЕРНОМЪ ПОЛУШАРІИ НЕБА.

По каталогу Дрейера составилъ Сидней Уотерсъ. Млечный Путь нарисованъ по рисункамъ Бедикера.

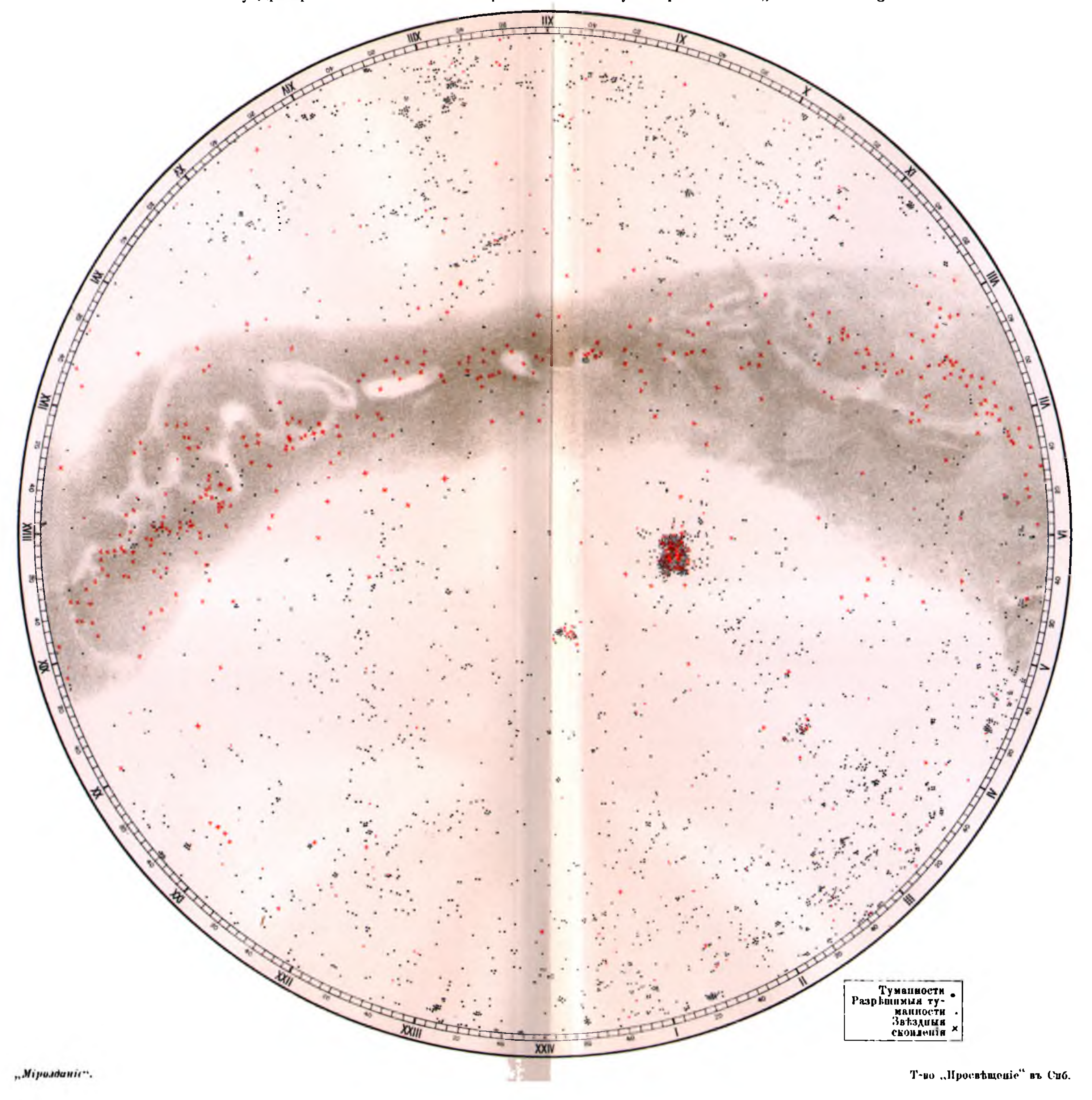


„Міроздание“.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

РАСПРЕДѢЛЕНІЕ ТУМАННОСТЕЙ И ЗВѢЗДНЫХЪ СКОПЛЕНІЙ ВЪ ЮЖНОМЪ ПОЛУШАРІИ НЕБА.

По каталогу Дрейера составилъ Сидней Уотерсъ. Млечный Путь нарисованъ по „Uranometria Argentina“.



„Міроздание“.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

пока назовемъ просто кольцомъ). При такомъ предположеніи, между внутренней кучей, наиболѣе приближающейся къ шарообразной формѣ, и плоскимъ охватывающимъ кольцомъ должна находиться область, бѣдная звѣздами. Небесныя тѣла подобной формы встрѣчаются неоднократно. Такъ, напримѣръ, назовемъ кольцевую туманность въ Лирѣ, если принять въ разсчетъ, что фотографія обнаружила въ ней центральную часть.

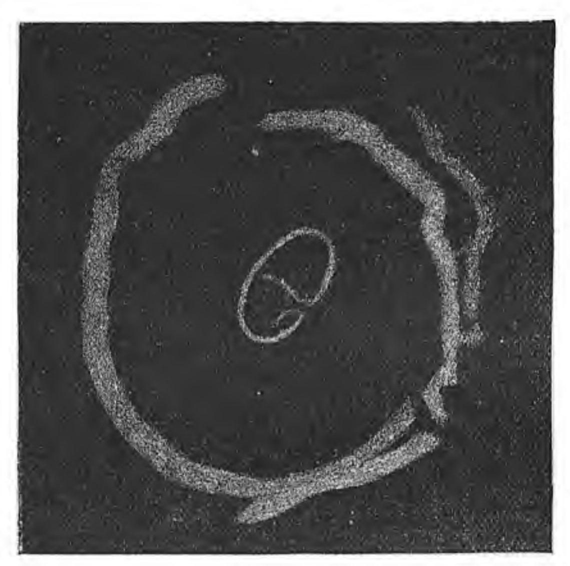
Правда, въ предѣлахъ Млечнаго Пути распредѣленіе яркихъ звѣздъ, по-видимому, также возрастаетъ въ связи съ увеличеніемъ яркости самого образованія, какъ показываетъ остроумное сопоставленіе, сдѣланное Пласманомъ (въ Варендорфѣ, около Мюнстера). Пласманъ, положивъ въ основаніе каталогъ сѣвернаго неба, составленный Аргеландеромъ, вычислилъ для нѣкоторыхъ прямоугольныхъ участковъ относительную силу свѣта всѣхъ звѣздъ этого каталога, отъ 6,5 до 9-10 величины, слѣдовательно, за исключеніемъ видимыхъ просто глазомъ, и сравнилъ полученныя величины съ той силой свѣта, какая оказывается по рисункамъ Млечнаго Пути. Такъ сдѣлано, напр., сопоставленіе, приведенное на стр. 378. На лѣвой сторонѣ изображено, по Истону, одно мѣсто Млечнаго Пути, при чемъ области одинаковой силы свѣта выдѣлены и отмѣчены различной штриховкой. Направо рядомъ приведены относительныя числа Пласмана въ соотвѣтствующихъ прямоугольникахъ; они представляютъ общее количество свѣта, которое отъ этихъ площадей получаетъ нашъ глазъ. Согласованіе на столько полное, на сколько только позволяетъ самый методъ.

Всѣ эти наблюденія дѣлаютъ достовѣрнымъ, что сіяніе Млечнаго Пути вызывается почти исключительно небольшими звѣздами, а настоящій туманный покровъ распредѣляется только на немногихъ мѣстахъ и въ незначительномъ количествѣ. Какимъ образомъ эти безчисленныя свѣтовыя точки вызываютъ постоянное свѣтовое сіяніе пояса, то усиливающееся, то ослабѣвающее, было уже выяснено въ нашихъ разсужденіяхъ о видѣніи вообще.

Замѣчательно значительное усиленіе скученности звѣздъ, какое наблюдается на фотографіяхъ, сравнительно съ числомъ звѣздъ, видимыхъ въ той же области при помощи превосходнѣйшихъ инструментовъ и сосчитанныхъ въ такъ называемыхъ черпкахъ. Это можно объяснить только тѣмъ, что въ Млечномъ Пути существуетъ масса звѣздъ, которыя испускаютъ, главнымъ образомъ, ультрафіолетовые лучи и потому въ большинствѣ случаевъ не могутъ быть видимы прямо въ телескопъ. Можно допустить, что почти половина звѣздъ, которыя появляются въ соотвѣтствующей области при 13-часовой экспозиціи, не участвуютъ въ общемъ свѣтовомъ сіяніи, видимомъ нашимъ глазомъ въ этой удивительной системѣ. Поэтому надо думать, что существамъ, обладающимъ зрѣніемъ болѣе чувствительнымъ къ синей части спектра, чѣмъ наше зрѣніе, Млечный Путь долженъ казаться вдвое ярче, чѣмъ намъ. Мы знаемъ уже, что характеръ свѣта, исходящаго отъ звѣздъ, даетъ намъ нѣкоторое понятіе объ ихъ физической природѣ: именно звѣзды, излучающія преимущественно фіолетовый свѣтъ, относятся къ первому спектральному классу, къ такъ называемому классу звѣздъ Сиріуса, т. е. къ наиболѣе ранней ступени развитія. Итакъ, въ отличіе отъ прямого наблюденія, фотографія показываетъ, что большая часть звѣздъ, составляющихъ Млечный Путь, возникла одновременно и имѣетъ общее происхожденіе. На это указываютъ также и болѣе яркія звѣзды, которыя даютъ достаточно свѣта, чтобы ихъ можно было подвергнуть спеціальному спектроскопическому изслѣдованію. По I. Э. Горе (I. E. Gore), 63% всѣхъ спектроскопически изслѣдованныхъ звѣздъ, которыя проектируются на поясѣ Млечнаго Пути, относятся къ типу Сиріуса, тогда какъ звѣзды, распредѣленныя по остальной части небеснаго свода т. е. находящіяся внутри этой загадочной кольцевой системы, принадлежатъ главнымъ

образомъ къ типу нашего солнца, т. е. относятся уже къ болѣе поздней ступени звѣзднаго развитія.

Здѣсь опять напрашивается сравненіе съ кольцевой туманностью въ Лирѣ, въ которой также можно предполагать неравномѣрное распредѣленіе вещества, или же неодинаковость его физическаго состоянія. Только тамъ наблюдается обратное явленіе: ультрафіолетовый свѣтъ исходитъ главнымъ образомъ отъ центральныхъ частей кольца (см. стр. 366-367). Своеобразный характеръ спектра имѣетъ также область Млечнаго Пути въ созвѣздіи Лебедя, гдѣ исключительно встрѣчаются такъ называемыя звѣзды Вольфа-Райэ типа II b. Онѣ имѣютъ кромѣ темныхъ также свѣтлыя линіи, а это является признакомъ очень значительной свѣтящейся атмосферы (см. стр. 330 и сл.). И здѣсь спектроскопъ показалъ общность образованія группы звѣздъ Млечнаго Пути, хотя и нельзя сказать съ увѣренностью, находятся ли эти звѣзды 7—9 величины въ предѣлахъ Млечнаго Пути или только проэктируются на немъ, т. е. стоятъ къ намъ значительно ближе.



Схематическій рисунокъ Млечнаго Пути, по Проктору.

Весьма замѣчательнымъ фактомъ, свидѣтельствующимъ несомнѣнно въ пользу того, что всѣ или по крайней мѣрѣ преобладающее число звѣздъ, какъ отдѣльно стоящихъ, такъ и образующихъ группы, входятъ въ составъ одного цѣлаго, является отмѣченное уже нами извѣстное распредѣленіе какъ звѣздныхъ кучъ, такъ и туманностей по отношенію къ Млечному Пути. Въ послѣднее время Сидней Ватерсъ произвелъ въ этомъ направленіи интересное изслѣдованіе, результатомъ котораго являются прилагаемыя карты стр. 316 и 379. На нихъ нанесены всѣ туманныя пятна и звѣздныя кучи новаго главнаго каталога Дрейера. Черными точками обозначены здѣсь не звѣзды, но неразрѣшимыя туманности; разрѣшимыя туманности обозначены красными точками, звѣздныя же кучи—красными крестами. Нельзя не замѣтить, что послѣднія поразительнымъ образомъ ограничиваются почти исключительно предѣлами Млечнаго Пути. Также бросается въ глаза и то, что черныя точки или неразрѣшимыя туманности очень рѣдко встрѣчаются въ Млечномъ пути и даже въ сосѣднихъ къ нему областяхъ, тогда какъ на остальномъ небѣ онѣ распредѣлены довольно равномѣрно. Самое большое можно, пожалуй, прослѣдить, какъ указано раньше, (см. стр. 342) полосу туманныхъ гнѣздъ, перерѣзающихъ Млечный Путь. Рѣдкое появленіе туманностей въ этомъ мерцающемъ поясѣ во всякомъ случаѣ только кажущееся, такъ какъ его свѣтъ мѣшаетъ разсмотрѣть слабые предметы этого рода. По Шейнеру даже всѣ настоящія газовыя туманности находятся вблизи Млечнаго Пути. Но для распредѣленія свѣтящихся звѣздныхъ кучъ совершенно нельзя дать подобнаго же объясненія. Скопленіе ихъ въ Млечномъ Пути должно стоять въ органической связи съ этимъ послѣднимъ. Ихъ необходимо разсматривать, какъ части Млечнаго Пути. Быть можетъ, онѣ оказались бы свѣтовыми узлами, какихъ мы иногда видимъ сотни въ туманныхъ пятнахъ, съ трудомъ подвергающихся разрѣшенію, если бы мы

могли наблюдать Млечный Путь съ такого же разстоянія, какое отдѣляетъ насъ отъ этихъ туманныхъ пятенъ. Очень интересно также прослѣдить на картѣ, что разрѣшимыя туманности въ своемъ распредѣленіи примыкаютъ къ неразрѣшимымъ, и, повидимому, не стоятъ въ связи съ несомнѣнными звѣздными кучами и съ Млечнымъ Путемъ. Поэтому, если послѣднія мы станемъ считать за свѣтовые узлы звѣздной системы, въ составъ которой входитъ наше солнце, то чрезвычайно тѣсныя звѣздныя кучи едва разрѣшимыхъ туманностей, быть можетъ, надо считать системами Млечныхъ Путей, сложившимися за предѣлами нашего Млечнаго Пути на невообразимо громадныхъ разстояніяхъ.

Если мы сопоставимъ теперь все, что намъ извѣстно о Млечномъ Пути, то для насъ станетъ еще яснѣе, что это есть звѣздная система, сгустившаяся изъ первоначальной спиральной туманности и мало по малу расчленившаяся на сложное образованіе, которое мы и видимъ теперь передъ собой. Хотя имѣющихся изслѣдованій еще далеко недостаточно, чтобы можно было намѣтить очертанія звѣздной системы Млечнаго Пути, однако съ достаточной вѣроятностью можно принять, что основная форма ея не слишкомъ отличается отъ того спиральнаго строенія, какое представлено на рисункѣ туманности въ Гончихъ собакахъ, сдѣланномъ Фогелемъ. (Таблица II къ стр. 224, фиг. a). Если въ послѣдней представить себѣ еще больше свѣтовыхъ узловъ, затѣмъ удалить промежуточную туманную матерію и, наконецъ, разложить все на звѣзды, то видъ этого образованія въ главныхъ чертахъ будетъ почти такой, какой долженъ представлять Млечный Путь, если смотрѣть на него съ какой нибудь точки, лежащей внѣ его. Даже малая туманность-спутница, которую мы такъ часто встрѣчали въ подобнаго рода образованіяхъ, есть и въ звѣздной системѣ Млечнаго Пути: мы узнаемъ ее въ Магеллановыхъ облакахъ.

Прокторъ сдѣлалъ попытку набросать болѣе опредѣленныя очертанія этого громаднаго образованія. Рисунокъ его мы приводимъ здѣсь (см. стр. 380) только, какъ приближеніе. Внутренняя спираль вполнѣ проблематична. Если она существуетъ на самомъ дѣлѣ, то все образованіе напоминаетъ туманность Оріона съ ея большой спиралью, изображенной на стр. 351 по Бернерду. Другіе факты, которые можно вывести изъ опредѣленія разстояній и движеній внутри этой громадной системы неподвижныхъ звѣздъ, и которые поэтому мы разсмотримъ только во второй части, также говорятъ за кольцеобразное, или спиральное распредѣленіе въ ней міровыхъ тѣлъ.

Предъ нами здѣсь одинъ изъ интереснѣйшихъ и поразительнѣйшихъ фактовъ астрономической науки. Мы видимъ себя сочленами одной великой міровой системы, въ которой наше солнце есть только одно изъ милліоновъ подобныхъ ему солнцъ и играетъ гораздо болѣе скромную роль, чѣмъ, напр., земля въ предѣлахъ нашей собственной солнечной системы. Мы узнаемъ далѣе, что и эта система Млечнаго Пути еще далеко не составляетъ послѣдней границы вселенной, поскольку она стала доступной нашему познанію, но что внѣ нашего Млечнаго Пути существуютъ, самостоятельно, сотни подобныхъ же системъ, такъ же какъ существуютъ планеты внѣ нашей земли, и солнца внѣ солнечнаго царства. Все подобное, родственное соединяется въ группы высшаго порядка. Съ маленькой земли, которая есть наше владѣніе, и которую мы и по сіе время называемъ по старой привычкѣ просто міромъ, мы видимъ все яснѣе и яснѣе, что какая то общая связь соединяетъ всѣ звѣзды необъятно-громаднаго небеснаго свода. И какъ безконечно глубоко проникъ въ пространство нашъ взоръ за послѣднія, еще не полныя три столѣтія, съ тѣхъ поръ, какъ собирательное стекло раздвинуло предѣлы, которые до того времени скрывали отъ человѣчества тайны вселенной! Не далеко еще то время, когда мыслящій

человѣкъ ограничивалъ сотворенный міръ предѣлами земной атмосферы. Иной изъ нашихъ современниковъ и теперь еще не поднимается своею мыслью надъ этими узкими границами. Для него земля все еще самое главное міровое тѣло, какимъ она прежде казалась всему человѣчеству, когда господствовала „антропоцентрическая“ точка зрѣнія. Коперникъ вмѣсто земли поставилъ въ центръ вселенной солнце. Но для большинства оставалось все таки еще непонятнымъ, какъ это такъ земля, наше обиталище, со всѣми ея твореніями блуждаетъ въ пространствѣ, подобно другимъ планетамъ, которыя въ теченіи тысячелѣтій обходятъ небесную твердь въ видѣ спокойно блестящихъ свѣтлыхъ точекъ. Какою маленькой стала теперь въ нашемъ представленіи земля, и какимъ громаднымъ, превосходящимъ всякое пониманіе, сталъ центральный очагъ, вокругъ котораго, какъ мы узнали, обращаются наши старыя, давно извѣстныя планеты и еще сотни другихъ вновь открытыхъ!

Но почти уже сто лѣтъ, какъ стали вытѣснять и самое солнце изъ его центральнаго положенія. Съ возрастающимъ изумленіемъ мы видимъ, что оно со всей своей системой свѣтилъ составляетъ часть великой системы безчисленныхъ милліоновъ солнцъ, которая опоясываетъ небо въ формѣ Млечнаго Пути, и въ которой солнце играетъ такую же роль, какъ любой изъ свѣтлыхъ огненныхъ шаровъ, обращающихся въ тѣсномъ мірѣ солнечной системы. Но даже и это царство солнцъ Млечнаго Пути, размѣры котораго, повидимому, безконечны и въ которомъ наше солнце принадлежитъ къ наименьшимъ свѣтиламъ и лежитъ въ сторонѣ отъ его центра, даже и эта вереница солнцъ, выполняющая все наше небо, не можетъ претендовать на какое либо центральное или предпочтительное положеніе въ великомъ мірозданіи. Поразительно большое сходство солнечныхъ скопленій въ Млечномъ Пути съ образованіями, которыхъ мы, вслѣдствіе незначительной видимой ихъ величины, могли бы совершенно не замѣтить, почти не допускаетъ сомнѣнія въ томъ, что въ послѣднихъ мы имѣемъ новыя системы Млечныхъ Путей. На ихъ небесномъ сводѣ всѣ милліоны звѣздъ нашего неба сливаются въ одну мерцающую звѣздную кучку, какія мы тысячами видимъ въ пространствѣ. Какой въ этомъ роѣ Млечныхъ Путей самый главный, этого вопроса не разрѣшитъ никакая наука. Однако, кольцо туманныхъ гнѣздъ, на существованіе котораго имѣются намеки (его можно различить и на нашей картѣ распредѣленія туманностей и звѣздныхъ кучъ), служитъ, повидимому, указаніемъ на еще болѣе высокій міровой порядокъ, гдѣ каждая изъ этихъ тысячъ системъ Млечныхъ Путей, кажущихся намъ въ видѣ туманностей, представляетъ только одинъ единственный свѣтовой узелъ, подобный тѣмъ, какіе появляются передъ нами на одно мгновеніе и вновь исчезаютъ въ туманностяхъ, находящихся на границѣ разрѣшаемости. Какъ же затерялась наша земля, гордое владѣніе человѣческаго рода, въ этой грандіозной перспективѣ міровъ, путь къ которой указалъ Коперникъ! Въ этомъ громадномъ мірѣ міровъ она не больше атома, который какъ будто безцѣльно носится въ воздушной оболочкѣ нашей земли, и однако, подчиняется вѣчнымъ законамъ и выполняетъ свою работу, необходимую для порядка, для блага цѣлаго!

Легко понять, что невозможно отказаться отъ попытки составить хотя бы приблизительное представленіе объ *относительномъ протяженіи Млечнаго Пути* и разстояніи остальныхъ Млечныхъ путей отъ насъ. Прямыя измѣренія геометрическимъ путемъ, само собой понятно, ни къ чему не могутъ привести, такъ какъ даже самыя близкія неподвижныя звѣзды представляютъ для этого весьма большія затрудненія. И здѣсь только распредѣленіе звѣздъ могло послужить основаніемъ для опредѣленія среднихъ величинъ. При этомъ пришлось сдѣлать нѣкоторыя допущенія, которыя остаются недосказанными. Одно изъ нихъ: всѣ звѣзды одной звѣздной

кучи, а слѣдовательно, и нашего Млечнаго Пути, во всѣхъ ея частяхъ въ среднемъ равномѣрно распредѣлены въ пространствѣ и всѣ имѣютъ одинаковую величину. Тогда кажущееся скопленіе звѣздъ въ Млечномъ Пути или въ звѣздныхъ кучахъ есть только слѣдствіе перспективы, подъ вліяніемъ которой одинъ и тотъ же промежутокъ кажется тѣмъ меньше, чѣмъ дальше онъ удаленъ. При такомъ предположеніи изъ звѣздныхъ черпковъ, произведенныхъ Гершелемъ, вытекаетъ, что разстояніе наиболѣе слабыхъ звѣздъ, которыя онъ могъ еще различать въ Млечномъ пути, должно превышать болѣе, чѣмъ въ 200 разъ разстояніе звѣздъ первой величины. Такъ какъ дѣйствительное разстояніе этихъ послѣднихъ звѣздъ опредѣлено геометрическими методами круглымъ числомъ въ милліонъ солнечныхъ разстояній, (по крайней мѣрѣ, съ допускаемой степенью приближенія), то оказывается, что свѣту нужно больше 3500 лѣтъ, чтобы достичь до нашего глаза отъ послѣднихъ предѣловъ пояса Млечнаго Пути. Фотографіи этого звѣзднаго скопленія, которыя мы теперь получаемъ, представляютъ поэтому состояніе нашего мірового острова такимъ, какимъ оно были $3^1/_2$ тысячи лѣтъ тому назадъ.

Для отдѣльно стоящихъ звѣздныхъ кучъ, которыя Гершель изслѣдовалъ такимъ же образомъ, получились еще бóльшія разстоянія, какъ и можно было ожидать, если только справедливъ нашъ взглядъ, что это суть Млечные Пути, находящіеся за предѣлами нашего. Гершель указываетъ на такіе объекты, которые судя по измѣреніямъ ихъ звѣзднаго богатства, отстоятъ отъ насъ примѣрно на тысячу звѣздныхъ разстояній. Въ сравненіи съ найденнымъ раньше наибольшимъ поперечникомъ Млечнаго Пути, это разстояніе не велико, если принять въ соображеніе, что наша солнечная система отстоитъ отъ ближайшей подобной же системы на 200.000 солнечныхъ разстояній, тогда какъ одна система Млечнаго пути отдѣлена отъ другой разстояніемъ всего въ пять своихъ поперечниковъ. Гершель былъ того мнѣнія, что всѣ вполнѣ неразрѣшимыя туманныя пятна суть далекія звѣздныя кучи. Онъ указываетъ, что одна звѣздная куча, въ которой еще ясно можно различать отдѣльныя свѣтлыя точки (75 Мессье), казалась бы намъ туманностью, если бы она отстояла отъ насъ на 35,000 звѣздныхъ разстояній. Это отвѣчало бы величинѣ въ 175 поперечниковъ Млечнаго Пути, и для свѣта понадобилось бы не меньше $^1/_2$ милліона лѣтъ, чтобы отъ нея дойти до насъ. Если бы эти выводы Гершеля были неопровержимы, то въ этихъ отдаленнѣйшихъ туманностяхъ мы имѣли бы наиболѣе древнія свидѣтельства о тѣхъ состояніяхъ, которыя миновали уже неизмѣримо давно, а одинаковый характеръ оптическихъ дѣйствій свѣтового луча, возникшаго въ давно минувшія времена, съ тѣми лучами, которые въ настоящій моментъ мы можемъ получить отъ источниковъ свѣта, находящихся въ нашемъ распоряженіи, служилъ бы вѣрнѣйшимъ доказательствомъ вѣчной неизмѣнности силъ природы во всѣ времена и всюду въ міровомъ пространствѣ.

Къ сожалѣнію, высказанныя предположенія не могутъ считаться безусловными. Уже Вильгельмъ Струве пытался остроумными изслѣдованіями доказать, что свѣтъ на своемъ пути въ міровыхъ пространствахъ поглощается такъ же точно, какъ и въ нашей атмосферѣ, хотя въ несравненно меньшей степени. Онъ вывелъ это заключеніе изъ того обстоятельства, что число звѣздъ увеличивается не въ той мѣрѣ, въ какой слѣдовало бы ожидать при уменьшеніи силы свѣта. Разстояніе отъ насъ звѣзды съ силой свѣта, вчетверо меньшей должно быть вдвое больше, чѣмъ разстояніе звѣзды, сила свѣта которой принята за единицу, при томъ условіи, что свѣтъ не испытываетъ ослабленія отъ какихъ либо особыхъ причинъ, кромѣ разстоянія. Можно легко вычислить, — опять таки, конечно, при томъ допущеніи, что распредѣленіе звѣздъ равномѣрно, — во сколько разъ звѣздъ

должно быть больше на разстояніи двойномъ сравнительно съ разстояніемъ звѣзды, принятымъ за единицу. Въ дѣйствительности, число звѣздъ не возрастаетъ въ такомъ теоретическомъ отношеніи, но, по мнѣнію Струве, происходитъ очень значительное поглощеніе звѣзднаго свѣта. Струве выразилъ его даже въ числахъ и нашелъ, напр., что самый далекій свѣтовой лучъ, который вообще можетъ дойти до насъ сквозь поглощающія средины міроваго пространства, можетъ находиться въ пути не $1/2$ милліона, а всего около 12,000 лѣтъ. Слѣдовательно, здѣсь лежатъ послѣдніе предѣлы, до которыхъ когда либо можетъ проникнуть человѣческое изслѣдованіе.

Для всякаго естествоиспытателя a priori несомнѣнно, что подобное поглощеніе свѣта дѣйствительно должно происходить за предѣлами нашей атмосферы, такъ какъ нигдѣ въ мірѣ нѣтъ ничего абсолютнаго. Не можетъ быть и абсолютно пустого пространства, не представляющаго сопротивленія. Ольберсъ пытался доказать это очень оригинальнымъ способомъ. Для доказательства онъ обратился къ ежедневному и всѣмъ намъ хорошо знакомому явленію, именно, наступленію темноты послѣ заката солнца. По его словамъ, при томъ условіи, что безконечно большое міровое пространство наполнено абсолютно безконечнымъ количествомъ свѣтящихся міровъ, мы должны бы встрѣчать свѣтовые лучи, идущіе отъ звѣздъ, всюду на небѣ, куда бы мы не обратили наши взоры. Лучи свѣта смыкались бы между собою такъ тѣсно, какъ только можно. Весь небесный сводъ всегда оставался бы блестящимъ, такъ что и днемъ солнце не выдѣлялось бы отъ остального неба. Но такъ какъ этого въ дѣйствительности нѣтъ, то каждое наступленіе ночи свидѣтельствуетъ о томъ, что нѣчто поглощающее свѣтъ должно наполнять міровое пространство. Однако въ недавнее время Зелигеръ опровергъ эти выводы. Мы будемъ говорить объ этомъ въ послѣдней главѣ второй части.

Точно также нельзя считать неопровержимыми и взглядовъ Струве; ибо нельзя допустить, чтобы звѣзды были равномѣрно распредѣлены въ предѣлахъ Млечнаго Пути, устройство котораго несомнѣнно соотвѣтствуетъ опредѣленному принципу. Припомнимъ видъ туманнаго кольца, которое можетъ служить прототипомъ системы Млечнаго Пути; мы увидимъ, что распредѣленіе матеріи, остается ли она въ формѣ туманности, или уже сгустилась въ звѣзды, подвержено, начиная отъ центра, систематическимъ колебаніямъ. Въ срединѣ мы находимъ бѣдную звѣздами область, затѣмъ количество звѣздъ въ кольцѣ внезапно увеличивается, а далѣе опять все образованіе окружено широкимъ пространствомъ, почти лишеннымъ матеріи. Въ настоящее время не можетъ быть сомнѣнія, что какъ въ полосѣ Млечнаго Пути, такъ и въ большинствѣ отдѣльно наблюдаемыхъ звѣздныхъ кучъ, звѣзды — не только повидимому, т. е. не только потому что разстояніе ихъ отъ насъ весьма велико, но и въ дѣйствительности — стоятъ гораздо ближе другъ къ другу, чѣмъ ближайшія къ намъ солнца, разстоянія которыхъ мы могли опредѣлить съ большей точностью геометрическими пріемами. Вмѣстѣ съ тѣмъ весьма вѣроятно также, что эти солнца, стоящія ближе другъ къ другу, значительно меньше, чѣмъ тѣ міровыя тѣла, которыя занимаютъ вмѣстѣ съ нашей системой внутреннее пространство кольца. А это подрываетъ всѣ предположенія, на которыхъ опираются вѣроятныя заключенія о размѣрахъ міроваго острова нашего Млечнаго Пути и о разстояніяхъ остальныхъ Млечныхъ Путей.

Итакъ, надо сознаться, что мы въ настоящее время находимся отъ разрѣшенія загадки о строеніи Млечнаго Пути дальше, чѣмъ это представлялось Гершелю 100 лѣтъ тому назадъ. Но мы можемъ съ достаточной увѣренностью утверждать, что пространственныя отношенія, данныя этимъ удивительнымъ наблюдателемъ, сильно должны быть уменьшены. Теперь мы отыскали совершенно иные пути, чтобы приблизиться къ истинѣ. Измѣ-

ненія во взаимномъ положеніи этихъ свѣтлыхъ точекъ, которыя мы въ настоящій моментъ можемъ закрѣпить фотографіей, представятъ въ будущемъ, когда такіе свѣтовые снимки будутъ произведены не разъ въ теченіе нѣсколькихъ столѣтій, единственное вѣрное основаніе для заключенія объ истинной величинѣ и взаимныхъ разстояніяхъ отдѣльныхъ членовъ этой громадной системы, а вмѣстѣ съ тѣмъ и объ ея общемъ строеніи.

---

18. Двойныя звѣзды.

Удивительное соотвѣтствіе всѣхъ основныхъ чертъ мірового устройства, проявляющееся, насколько мы могли замѣтить, и въ формѣ звѣздной системы нашего Млечнаго Пути, наводитъ на мысль, не стоятъ ли и дальнѣйшія его черты въ соотвѣтствіи съ тѣми фактами, которые мы наблюдаемъ въ тѣсномъ кругу нашей солнечной системы. Особенно для насъ было бы интересно узнать, имѣютъ ли всѣ или хотя нѣкоторыя изъ этого несчетнаго сонма далекихъ солнцъ звѣздные спутники, на которыхъ можно допустить присутствіе жизни и даже разумныхъ существъ, какъ и на нашей землѣ. Хотя астрономія довольно настойчиво проповѣдуетъ намъ скромность, но мы не можемъ отдѣлаться отъ внутренняго убѣжденія, что разумъ до самыхъ высшихъ, недоступныхъ намъ проявленій, долженъ быть послѣдней цѣлью всего развитія природы, а при такомъ допущеніи было бы непонятно, что милліоны солнцъ должны излучать въ пустое мировое пространство свѣтъ и теплоту безъ всякой пользы для жизни.

Конечно, надо осторожно относиться къ подобнымъ требованіямъ нашихъ чувствъ и не придавать имъ больше значенія, чѣмъ нужно для того, чтобы сообщить нашему изслѣдованію извѣстное направленіе. Несомнѣнно, что вопросъ о цѣлесообразности, если и допустить, что таковая заключается въ мірозданіи, не можетъ быть поставленъ такими существами, какъ мы, которымъ доступна только ничтожно малая часть мірового цѣлаго. Если ограничиться только разсмотрѣніемъ неподвижныхъ звѣздъ, то, пожалуй, можно допустить, что большая часть ихъ служитъ только для того, чтобы поддерживать температуру мірового пространства на извѣстной высотѣ выше абсолютнаго нуля. Для этого дѣйствительно требуется громадная работа, ибо температура мірового пространства немного отличается отъ —100 градусовъ, абсолютный же нуль лежитъ при —273 градусахъ; слѣдовательно, тепло, соотвѣтствующее 100—150 градусамъ, получено имъ отъ звѣздъ и поддерживается ими. Въ свое время, когда мы узнали, что наше солнце отдаетъ планетамъ менѣе тысячемилліонной части всей его энергіи, намъ казалось такое отношеніе слишкомъ невыгоднымъ. Теперь же, когда мы знаемъ, что тысячи милліоновъ другихъ солнцъ разсѣяны въ міровомъ пространствѣ, мы должны совершенно измѣнить нашъ взглядъ. Очевидно, въ предѣлахъ этого громаднаго скопленія міровъ происходитъ постоянный и неизбѣжный обмѣнъ энергіи. Та доля излучаемой солнцемъ теплоты, которая теряется для насъ, возмѣщается другими солнцами, поддерживающими вокругъ насъ вообще достаточную температуру, столь же для насъ необходимую, какъ на землѣ средняя температура воздуха, къ которой затѣмъ присоединяются еще мѣняющіяся ежегодно и ежечасно дѣйствія прямыхъ солнечныхъ лучей.

Спрашивается, окружены ли и тѣ далекія солнца планетами, которыя живутъ дарами, расточаемыми какъ всей совокупностью міровъ, такъ и ихъ собственнымъ центральнымъ свѣтиломъ. Если мы названіе „планеты“ будемъ принимать въ нашемъ узкомъ смыслѣ, разумѣя подъ ними темныя тѣла, которыя, по нашимъ представленіямъ, даютъ на своей поверхности пріютъ живымъ существамъ, то объ ихъ существованіи мы можемъ узнать только

въ очень рѣдкихъ случаяхъ; нѣкоторые изъ нихъ будутъ описаны въ слѣдующей главѣ. Вообще же единственный вѣстникъ, который можетъ приносить къ намъ свѣдѣнія о нихъ, — свѣтъ отказываетъ намъ здѣсь въ этой услугѣ. Свѣтъ, получаемый ими отъ своего солнца, слишкомъ слабъ, чтобы мы могли его когда либо замѣтить. Но какъ бы въ возмѣщеніе за это лишеніе мы находимъ на небѣ солнца, обращающіяся другъ около друга, подобно отыскиваемымъ нами планетамъ: мы находимъ двойныя звѣзды и цѣлыя системы свѣтящихся небесныхъ тѣлъ, которыя обращаются вокругъ одного общаго центра.

Уже болѣе ста лѣтъ тому назадъ англійскій математикъ Митчель произвелъ разсчетъ для рѣшенія вопроса, какъ велика вѣроятность, что пять звѣздъ, которыя онъ могъ видѣть въ Плеядахъ, случайно стоятъ близко другъ къ другу, по сравненію съ вѣроятностью, что онѣ находятся въ физической связи между собою, и пришелъ къ заключенію, что вѣроятность въ пользу послѣдняго равна отношенію 500,000 къ 1. Тѣмъ временемъ Христіанъ Майеръ въ Мангеймѣ открылъ почти 100 спутниковъ неподвижныхъ звѣздъ, какъ онъ самъ ихъ назвалъ, которые еще ближе стояли къ своей главной звѣздѣ, чѣмъ пять звѣздъ въ Плеядахъ. Вскорѣ послѣ того Вильямъ Гершель открылъ еще болѣе значительное количество такихъ двойныхъ звѣздъ, число которыхъ до 1804 г. возросло до 846. Замѣчательно, что этотъ неутомимый наблюдатель не сразу пришелъ къ убѣжденію, что эти звѣзды должны находиться въ физической зависимости другъ отъ друга. Только когда его открытія въ этомъ направленіи не переставали увеличиваться, онъ мало по малу пришелъ къ этой мысли. Послѣ него Вильгельмъ Струве много лѣтъ занимался изслѣдованіемъ двойныхъ звѣздъ и даже до извѣстной степени поставилъ себѣ задачею жизни изученіе этой интересной области. Его каталогъ двойныхъ звѣздъ содержитъ 2641 двойныхъ звѣздъ и вообще сложныхъ системъ, у которыхъ наиболѣе слабосвѣтящійся спутникъ не ниже девятой величины, а наибольшее разстояніе между спутниками и главными звѣздами не превышаетъ 32″. Съ тѣхъ поръ количество двойныхъ звѣздъ возрасло очень значительно. Благодаря сильнѣйшимъ телескопамъ новаго времени открыта чрезвычайно тѣсная система двойныхъ звѣздъ, въ которыхъ спутникъ отстоитъ отъ главной звѣзды всего на нѣсколько долей дуговой секунды, такъ что для менѣе сильныхъ телескоповъ онъ совершенно теряется въ лучахъ послѣдней. Бернгемъ въ 36-дюймовый телескопъ Ликской обсерваторіи открылъ много такихъ въ высшей степени тѣсныхъ звѣздныхъ паръ. Онъ обнародовалъ въ 1892 г. каталогъ 1274 открытыхъ имъ двойныхъ звѣздъ. Онѣ принадлежатъ къ самымъ тѣснымъ двойнымъ звѣздамъ. Въ настоящее время извѣстно на небѣ всего около 10,000 двойныхъ звѣздъ.

Струве раздѣлилъ двойныя звѣзды на восемь классовъ, основывая дѣленіе на взаимномъ разстояніи звѣздъ. Напр., къ первому классу принадлежатъ звѣзды съ разстояніемъ до 1″, къ восьмому — звѣзды съ разстояніемъ въ 24—32″. Понятно, что при томъ условіи, если звѣзды только случайно стоятъ близко другъ къ другу, а такъ называемый спутникъ, хотя и находится почти на одной и той же линіи зрѣнія, но въ дѣйствительнести находится или значительно впереди, или позади главной звѣзды, т. е. если мы имѣемъ только оптическую, а не физическую близость звѣздъ, ихъ количество должно возрастать съ увеличеніемъ взаимнаго разстоянія между составляющими звѣздами. Случайная близость тѣмъ менѣе вѣроятна, чѣмъ точнѣе совпаденіе. Однако, такого относительнаго уменьшенія въ количествѣ двойныхъ звѣздъ не наблюдается. При равномѣрномъ распредѣленіи звѣздъ по небесной сферѣ въ окружности 8″ около главной звѣзды должно находиться вчетверо больше звѣздъ, чѣмъ на площади въ 4″, потому что первая площадь вчетверо больше, и такъ далѣе.

Если мы для разстоянія въ 0—4″, соотвѣтствующаго тремъ первымъ классамъ Струве, приимемъ число двойныхъ звѣздъ за единицу, то на разстояніи 0—8″ мы должны встрѣтить двойныхъ звѣздъ въ четыре раза больше, на 16″ уже въ 16 разъ, на разстояніи 32″ въ 64 раза больше двойныхъ звѣздъ и т. д. Слѣдующая таблица даетъ дѣйствительныя числовыя отношенія двойныхъ звѣздъ по классамъ Струве.

Количество двойныхъ звѣздъ по классамъ Струве.

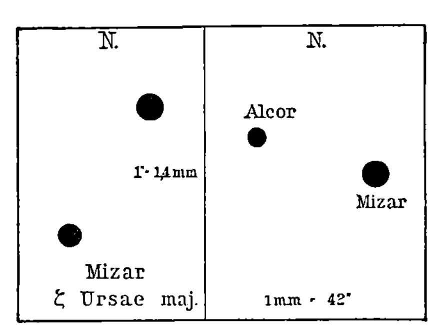
Классы	Разстояніе	Блестящія двойныя звѣзды	Слабыя двойныя звѣзды	Общее число	Количество оптически-двойныхъ звѣздъ
1	0— 1″	62	29	91	0,007
2	1— 2″	116	198	314	0,023
3	2— 4″	133	402	535	0,089
4	4— 8″	130	452	582	0,358
5	8—12″	54	298	352	0,596
6	12—16″	52	179	231	0,835
7	16—24″	54	429	483	2,384
8	24—32″	52	429	481	3,338

Первые столбцы показываютъ количество двойныхъ звѣздъ, подраздѣленныхъ еще на два подкласса, — блестящихъ и слабыхъ (lucidae и reliquae), смотря потому, будетъ ли спутникъ ярче, или слабѣе восьмой величины. Слѣдующій затѣмъ столбецъ показываетъ общее количество звѣздъ обоихъ подраздѣленій, а затѣмъ слѣдуетъ теоретически найденное число, показывающее, сколько звѣздъ, согласно теоріи вѣроятностей, могутъ находиться въ случайной близости на соотвѣтствующихъ разстояніяхъ, при условіи, что общее число всѣхъ звѣздъ до восьмой величины равно 40,000. Какъ можно видѣть, на разстояніи 0—12″ можетъ находиться всего одна единственная двойнная звѣзда, тогда какъ по каталогу Струве въ этихъ предѣлахъ на самомъ дѣлѣ находится 1874 звѣзды и т. д.

Значительное увеличеніе числа тѣсныхъ двойныхъ звѣздъ сравнительно съ тѣмъ, что даетъ разсчетъ вѣроятностей для оптическаго совпаденія, сказывается очень убѣдительно уже въ этой таблицѣ. Однако, благодаря успѣхамъ современнаго наблюдательнаго искусства, это отношеніе стало еще болѣе рѣзкимъ, такъ какъ за послѣднія десять лѣтъ открыты почти исключительно только тѣсныя двойныя звѣзды. Изъ наиболѣе яркихъ звѣздъ, которыя въ среднемъ стоятъ къ намъ, конечно, всего ближе, и въ которыхъ поэтому мы можемъ всего легче открыть спутника, по современнымъ свѣдѣніямъ каждая вторая или четвертая звѣзда оказывается двойной: слѣдовательно, на двойныя солнца слѣдуетъ смотрѣть не какъ на исключеніе, а какъ на типичное явленіе въ мірѣ неподвижныхъ звѣздъ. Правда, количество двойныхъ звѣздъ быстро уменьшается съ уменьшеніемъ звѣзднаго класса. Но это обстоятельство даетъ еще одинъ доводъ въ пользу нашего убѣжденія, что явленіе двойныхъ и вообще сложныхъ звѣздъ — физическаго характера, ибо въ этомъ случаѣ для взаимнаго разстоянія составляющихъ звѣздъ должны существовать извѣстныя границы, и по мѣрѣ увеличенія разстоянія отъ насъ обѣ звѣзды неизбѣжно должны сливаться въ одну, тогда какъ просто оптическая близость двухъ звѣздъ не имѣетъ никакого отношенія къ ихъ разстоянію отъ насъ. Оптически двойныя звѣзды одинаково вѣроятны для всѣхъ звѣздныхъ классовъ.

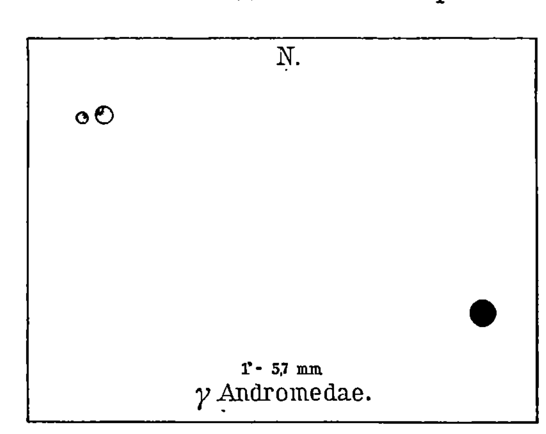
Впрочемъ, распредѣленіе двойныхъ звѣздъ по небу совершенно согласуется съ распредѣленіемъ простыхъ звѣздъ; въ тѣхъ областяхъ, гдѣ вообще встрѣчается больше звѣздъ, какъ, напр., въ направленіи Млечнаго

Пути, тамъ больше и двойныхъ звѣздъ. Отсюда мы можемъ также видѣть, что природа двойныхъ звѣздъ не представляетъ чего нибудь необычайнаго, что онѣ не составляютъ особой категоріи небесныхъ свѣтилъ, но образуютъ совершенно нормальную ступень развитія, черезъ которую, какъ можно думать, въ свое время прошли многія, а можетъ быть, и всѣ звѣзды; иначе не могло бы быть такъ много звѣздъ, находящихся одновременно въ этой стадіи *).



Двойная звѣзда Мизаръ съ Алькоромъ.

Собственно, двойныя звѣзды могли быть открыты только послѣ изобрѣтенія телескопа, такъ какъ при достаточно большомъ разстояніи обѣихъ составляющихъ, при которомъ ихъ можно открывать невооруженномъ глазомъ, физическая близость ихъ становиться менѣе вѣроятной. Однако нѣкоторыя двойныя звѣзды принадлежатъ къ легко наблюдаемымъ и поэтому представляютъ благодарные объекты для наблюденій въ малые телескопы. Къ нимъ принадлежитъ прежде всего легко различимая звѣзда ζ въ Большой Медвѣдицѣ, средняя звѣзда въ хвостѣ этого всѣмъ извѣстнаго созвѣздія, называемаго также колесницей. Арабы назвали ее Мизаръ. Просто глазомъ совсѣмъ близко къ ней замѣчается маленькая звѣздочка, Алькоръ, наѣздникъ, которая однако отдѣлена слишкомъ большимъ разстояніемъ, чтобы ее можно было считать въ нашемъ смыслѣ спутникомъ Мизара. Но Мизаръ, звѣзда второй величины, уже въ телескопъ съ отверстіемъ объектива въ одинъ дюймъ, раздѣляется на двѣ точки, свѣтящіяся слабымъ бѣлымъ свѣтомъ, изъ нихъ меньшая четвертой величины и удалена отъ главной звѣзды приблизительно на 14 ″. Еще болѣе привлекательный видъ имѣетъ также легко разрѣшаемая двойная звѣзда γ Andromedae; ея главная звѣзда третьей величины, сіяетъ золотистымъ свѣтомъ, а совсѣмъ рядомъ сь нею на разстояніи 10 ″, стоитъ также двойная звѣзда интенсивно синяго цвѣта, которая представляетъ удивительный контрастъ съ цвѣтомъ главной звѣзды. Видъ этой пары драгоцѣнныхъ камней, на фонѣ темнаго неба, можетъ доставить громадное наслажденіе тѣмъ любителямъ астрономіи, которые имѣютъ въ своемъ распоряженіи оптическій инструментъ.



Тройная звѣзда γ Andromedae.

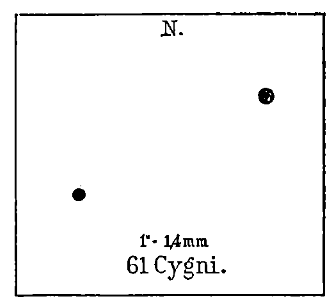
Далѣе, очень легко разрѣшается звѣздная пара 61 Cygni. Это первая

---

*) Едва-ли можно согласиться съ этимъ взглядомъ автора. Сгущеніе космическаго вещества въ обособленныя свѣтила могло происходить и происходитъ въ настоящее время различными путями: во первыхъ, въ одинокія звѣзды, во вторыхъ, въ двойныя звѣзды, въ третьихъ, въ сложныя системы, состоящія изъ трехъ, четырехъ и многихъ звѣздъ, и наконецъ, въ громадное число мельчайшихъ тѣлецъ, образующихъ собою кометы и метеорные потоки. Нѣтъ необходимости, чтобы всѣ свѣтила прошли черезъ всѣ стадіи описанныхъ путей мірозданія.

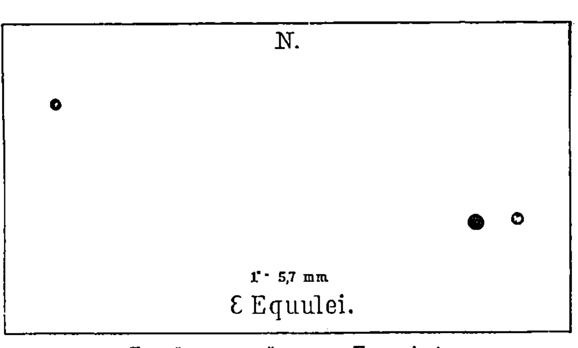
С. Глазенапъ.

двойная звѣзда, которая занесена была въ лѣтописи измѣрительной астрономіи: Гевель въ своемъ „Stellae burgum“ (звѣздной замокъ), построенномъ имъ самимъ въ Данцигѣ въ 1659 г., измѣрилъ разстояніе этихъ обѣихъ звѣздъ пятой величины, почти одинаковой яркости. Оно равно почти 20″. Съ тѣхъ поръ эта звѣздная пара сдѣлалась самой знаменитой изъ всѣхъ ей подобныхъ, ибо она представляетъ, какъ мы увидимъ, ближайшую къ намъ солнечную систему. На границѣ различенія въ телескопъ съ отверстіемъ въ одинъ дюймъ стоитъ ε въ небольшомъ созвѣздіи лошадки (Equuleus), которое лежитъ нѣсколько къ сѣверу отъ небеснаго экватора между Водолеемъ и Орломъ. Главная звѣзда 5,6 величины, ея спутникъ 7-ой величины отстоитъ отъ нея на 10—11″. Объектъ этотъ интересенъ въ томъ отношеніи, что въ большой телескопъ представляется тройною системой, ибо главная звѣзда распадается на двѣ почти одинаково яркихъ звѣзды, стоящихъ необычайно близко (0,4″) другъ къ другу.



Двойная звѣзда 61 въ Лебедѣ.

Разрѣшеніе тѣсныхъ двойныхъ звѣздъ служитъ астроному практику прекрасной пробой для телескопа. Мы знаемъ, что въ хорошій инструментъ звѣзды должны представляться по возможности лишенными поперечника. Если этого нѣтъ, то звѣзды сливаются въ одинъ звѣздный дискъ очень значительныхъ размѣровъ, и двойная звѣзда при извѣстномъ разстояніи между ея составляющими кажется одинокой. На стр. 390 мы приводимъ перечень такихъ „пробныхъ объектовъ“ для небольшихъ телескоповъ. Это избавитъ насъ вмѣстѣ съ тѣмъ отъ дальнѣйшаго перечисленія двойныхъ звѣздъ, съ случаѣ, если онѣ не представляютъ ничего особеннаго.



Тройная звѣзда ε Equulei.

Разрѣшимость двойныхъ звѣздъ становится труднѣе не только съ уменьшеніемъ разстоянія, но также съ увеличеніемъ разницы въ яркости обѣихъ звѣздъ. Очень яркая звѣзда даже въ лучшіе телескопы распространяетъ вокругъ себя очень широкое сіяніе. Когда, напр., Сиріусъ только приближается къ полю зрѣнія большаго вѣнскаго рефрактора, то ему какъ будто предшествуютъ свѣтлыя сумерки, а вступленіе его въ поле зрѣнія въ первое мгновеніе ослѣпляетъ глазъ, какъ солнце. Это освѣщеніе окружающаго пространства только въ малой степени производится инструментомъ, главнымъ же образомъ это есть дѣйствительно явленіе сумерекъ, вызываемое разсѣяніемъ звѣзднаго свѣта при прохожденіи черезъ атмосферу. Въ этихъ сумеркахъ малыя звѣзды изчезаютъ совершенно такъ, какъ передъ восходомъ солнца. Въ дѣйствительности Сиріусъ имѣетъ спутника; въ отдѣльности онъ былъ бы видимъ легко въ телескопы среднихъ размѣровъ, какъ звѣзда девятой величины; точно также при его разстояніи отъ главной звѣзды, доходившемъ до 10″, его легко было бы видѣть въ отдѣльности, еслибы онъ не стоялъ вблизи такого яркого свѣтила. На самомъ дѣлѣ этотъ спутникъ принадлежитъ къ весьма труднымъ объектамъ подобнаго рода, особенно въ настоящую эпоху, когда

разстоянiе его достигло минимума. Существованiе спутника Сирiуса было теоретически предугадано, подобно существованiю планеты Нептунъ; къ этому мы еще вернемся.

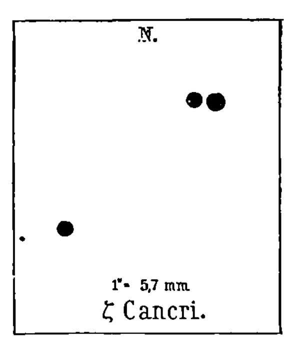
Перечень двойныхъ звѣздъ, которыя могутъ служить пробными объектами для небольшихъ телескоповъ.

№ Каталога Струве	Звѣзда	1889 Прямое восхожденiе	1889 Склоненiе	1889 Уголъ положенiя	1889 Разстоянiе	Величина главной звѣзды	Величина спутника
	Для испытанiя телескоповъ съ отверстiемъ объектива въ 1 дюймъ:						
1744	ζ Ursae maj. (Mizar)	13h 19,4m	+ 55° 30′	148°	14,3″	2	4
2727	γ Delphini	20 41,5	+ 15 42	271	11,2	4	5
180	γ Arietis.	1 47,4	+ 18 43	359	8,5	4	4. 5
205	γ Andromedae.	1 57,0	+ 41 48	63	10,3	3	5
2737	ε Equulei (C) [1]	20 53,4	+ 3 52	74	10,7	5. 6	7
	Для телескоповъ съ отверстiемъ объектива въ 2—3 дюйма:						
1998	ξ Librae (C)	15h 58,3m	— 11° 3′	64°	7,5″	5	7
1864	π Bootis . . .	14 35,5	+ 16 54	104	6,0	5	6
1110	α Gemin. (Castor)	7 27,5	+ 32 8	230	5,8	2. 3	3. 4
1965	ζ Coronae .	15 35,2	+ 37 0	302	6,3	4	5
1196	ζ Cancri (C)	18 5,8	+ 17 59	131	5,4	5	5. 6
1670	γ Virginis	12 36,0	— 0 50	337	5,0	3	3
2140	α Herculis	17 9,6	+ 14 31	117	4,7	3	6
1888	ξ Bootis	14 46,3	+ 19 34	279	4,2	4. 5	6. 7
2909	ζ Aquarii	22 23,0	— 0 35	329	3,4	4	4
1954	δ Serpentis .	15 29,5	+ 10 55	185	3,3	3	4
202	α Piscium	1 56,2	+ 2 13	322	2,9	3	4
1424	γ Leonis.	10 13,8	+ 20 24	113	3,5	2	3. 4
2032	σ Coronae	16 10,5	+ 34 9	214	4,0	5	6
2382	ε¹Lyrae (4)	18 40,7	+ 39 34	14	3,1	4. 5	6. 7
1877	ε Bootis	14 40,1	+ 27 33	329	2,8	3	6. 7
60	μ Cassiopejae	0 42,3	+ 57 14	160	5,0	4	7
2383	5 Lyrae (ε²)	18 40,7	+ 39 30	134	2,5	5	5
2130	μ Draconis .	17 3,0	+ 54 37	161	2,4	5	5
1523	ξ Ursae maj.	11 12,2	+ 32 9	275	2,0	4	5
	Для телескоповъ съ отверстiемъ объектива въ 4—5 дюймовъ:						
2262	τ Ophiuchi (C)	17h 56,9m	— 8° 10′	255°	1,8″	5	5. 6
2055	λ Ophiuchi . .	16 25,3	+ 2 14	35	1,6	4	6
73	36 Andromedae	0 48,9	+ 23 2	7	1,3	6	7
948	12 Lyncis (A, B)	6 36,3	+ 59 34	124	1,5	5	6
333	ε Arietis.	2 52,9	+ 20 53	201	1,6	5. 6	6
299	γ Ceti	2 37,4	+ 2 46	292	2,8	3	7
1865	ζ Bootis .	14 35,8	+ 14 13	295	0,8	3. 4	4
460	49 Cephei . .	3 51,2	+ 80 23	37	0,7	5	6
262	ι Cassiopejae (A, B)	2 19,9	+ 66 54	264	2,0	4	7

[1] C означаетъ въ тройныхъ звѣздныхъ системахъ второй спутникъ, болѣе удаленный отъ главной звѣзды, B—первый, ближайшiй.

Правда, для современныхъ гигантскихъ телескоповъ и Сиріусъ уже не представляетъ трудной двойной звѣзды. Результатомъ, достойнымъ изумленія въ этомъ отношеніи, было открытіе спутника главной звѣзды α въ Большой Медвѣдицѣ, самой верхней звѣзды въ задней сторонѣ небесной колесницы. Спутникъ удаленъ отъ главной звѣзды второй величины менѣе, чѣмъ на одну дуговую секунду, и представляетъ звѣзду одиннадцатой величины. Открытіе его сдѣлано Бернгемомъ въ большой Ликскій рефракторъ *).

Выше мы уже назвали двѣ тройныхъ звѣзды. Такія звѣзды сравнительно также не рѣдки: въ каталогѣ Струве ихъ занесено 113. Между ними находится 57 звѣздъ, съ наибольшимъ разстояніемъ не выше 32″, причемъ ни одна изъ трехъ звѣздъ, составляющихъ ихъ, по блеску не ниже восьмой величины. Самой извѣстной изъ этихъ тройныхъ системъ является ζ Cancri, которая благодаря своеобразнымъ движеніямъ обратила на себя особенное вниманіе теоретиковъ. Такъ какъ всѣ три звѣзды системы имѣютъ почти одинаковой блескъ (5,0, 5,7 и 5,5 величины), а наиболѣе удаленный спутникъ отстоитъ отъ главной звѣзды на 5″, то этотъ объектъ легко наблюдать въ видѣ двойной звѣзды. Труднѣе отдѣлить ближайшій спутникъ отъ главной звѣзды; разстояніе ихъ нѣсколько болѣе 1″. Четверныхъ системъ Струве насчитываетъ девять. Раньше его къ нимъ причислялась неоднократно упомянутая Трапеція въ туманности Оріона. Уже въ малые телескопы можно различить эти четыре звѣзды, яркость которыхъ лежитъ между четвертой, пятой и восьмой величинами и которыя помѣщаются въ окружности въ 10″. Позднѣе однако въ Трапеціи были открыты еще двѣ маленькихъ звѣздочки, а недавно даже наблюдалась яко-бы седьмая звѣзда. Слѣдовательно, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ семерной системой, которая образовалась среди большой туманности.



Тройная система ζ Cancri.

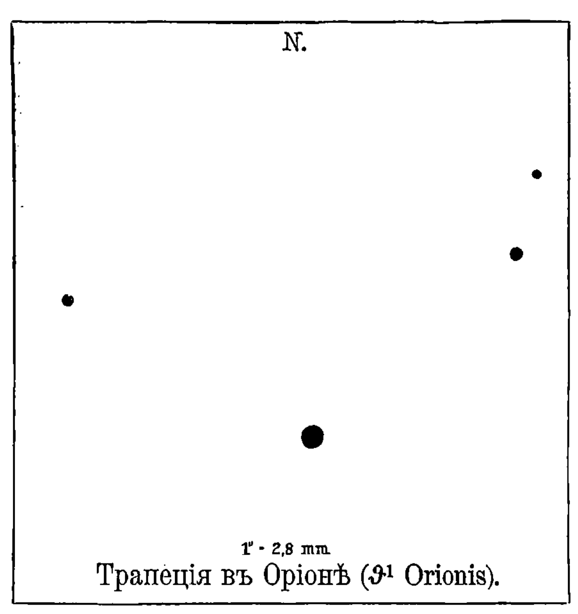
Къ четвернымъ звѣздамъ можно также причислить еще ε^1 и 5 Lyrae. Составляющія звѣзды сѣверной звѣзды имѣютъ блескъ 4,6 и 6,3 величины и отстоятъ другъ отъ друга на 3,6″. Вторая двойная звѣзда находится почти на 200″ южнѣе первой. По виду она почти такая же, какъ первая; ея составляющія 4,9 и 5,2 величины и отдѣлены разстояніемъ въ 3″ Въ средніе, даже малые телескопы съ отверстіемъ въ 2—3 дюйма очень легко отыскать вблизи блестящей Веги эти весьма красивыя звѣздочки. Извѣстныя общія движенія, которыя совершаютъ обѣ двойныя звѣзды, дѣлаютъ вѣроятнымъ, что всѣ четыре звѣзды составляютъ систему, а не случайно сближены между собою, хотя ихъ и раздѣляетъ значительное разстояніе. Между парами этихъ двойныхъ звѣздъ замѣчается еще три очень слабыхъ звѣздочки меньше девятой величины, которыя, повидимому, однако, не принадлежатъ къ этой системѣ, а находятся далеко позади ея. Струве приводитъ далѣе двѣ пятерныхъ и одну шестерную систему; послѣдняя находится въ созвѣздіи Зайца. Бернгемъ вторично раздѣлилъ двѣ ея звѣзды, и она, такимъ образомъ, обратилась въ восьмерную систему. Наконецъ Струве, упоминаетъ еще о системѣ, состоящей изъ шестнадцати звѣздъ. Очевидно, здѣсь нельзя дать высшаго предѣла, такъ какъ въ

*) Слѣдуетъ замѣтить, что горная обсерваторія Дж. Лика представляетъ собою астрономическое Эльдорадо: чудное небо, прозрачный воздухъ и спокойствіе изображеній звѣздъ обезпечиваютъ самыя трудныя наблюденія. Двойныя звѣзды, открытыя тамъ Бернгемомъ, недоступны наблюденіямъ въ другихъ обсерваторіяхъ. Мы увѣрены, что всѣ новыя обсерваторіи будутъ возводить въ горахъ, въ самыхъ лучшихъ условіяхъ. *С. Глазенапъ.*

концѣ концовъ сложныя звѣзды постепенно переходятъ въ звѣздныя группы, какова группа Плеядъ, а послѣднія въ звѣздныя кучи, кончая тѣсно скученными разложимыми туманностями.

Наиболѣе убѣдительнымъ признакамъ того, что такія близко стоящія звѣзды суть звѣздныя системы, служитъ ихъ **общее движеніе**, которымъ обезпечивается ихъ постоянная связь. Для большихъ группъ, какъ Плеяды, мы найдемъ позднѣе подтвержденіе этому въ одинаковомъ собственномъ движеніи ихъ въ пространствѣ.

Для двойныхъ звѣздъ въ большинствѣ случаевъ несомнѣнно доказано **орбитальное движеніе** вокругъ общаго центра, такъ что, очевидно, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ небесными тѣлами, которыя отличаются отъ планетъ нашей солнечной системы только собственнымъ свѣтомъ. Позднѣе мы займемся разсмотрѣніемъ особенностей этихъ орбитальныхъ движеній, а здѣсь сообщимъ только къ свѣдѣнію, что въ сорока случаяхъ движенія установлены съ такой точностью, что мы можемъ на цѣлыя столѣтія впередъ вычислить измѣненіе во взаимномъ положеніи обѣихъ звѣздъ, въ предѣлахъ точности, допускаемыхъ угловыми измѣреніями на небѣ.

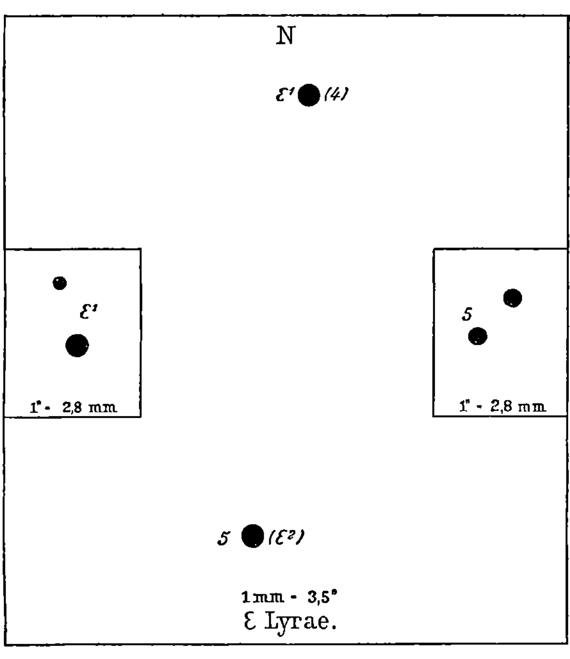


Шестерная звѣзда ϑ¹ Orionis. Ср. текстъ, стр. 391.

По Фламмаріону 13 звѣздъ со времени ихъ открытія совершили полный оборотъ вокругъ ихъ общаго центра тяжести болѣе чѣмъ на 360°, 5 звѣздъ — болѣе, чѣмъ на 270°, 10—болѣе, чѣмъ на 180°, 15—болѣе, чѣмъ на 90°, 21—болѣе, чѣмъ на 45°, и 92 болѣе, чѣмъ на 20°; далѣе еще для 663 звѣздъ несомнѣнно доказано орбитальное движеніе. Самое короткое время обращенія равно почти $11^1/_2$ годамъ, т. е. равно приблизительно времени обращенія Юпитера вокругъ солнца. Оно установлено Бернгемомъ*) для звѣзды δ въ созвѣздіи Лошадки (δ Equulei). Правда, составляющія звѣзды удалены другъ отъ друга не болѣе, чѣмъ на половину дуговой секунды, такъ что звѣзда принадлежитъ къ наиболѣе тѣснымъ и раздѣлить ее на составляющія можно только въ лучшіе инструменты. Еще двѣ другія очень близкія двойныя звѣзды имѣютъ столь же короткое время обращенія, которое меньше времени обращенія Сатурна. Если предположить въ системахъ двойныхъ звѣздъ такія же отношенія, какъ въ системѣ нашего солнца, то нѣтъ ничего удивительнаго, что наиболѣе короткое время обращенія связано съ наименьшимъ разстояніемъ составляющихъ другъ отъ друга. Если будутъ открыты другія двойныя звѣзды, которыя при незначительномъ разстояніи составляющихъ всетаки обладаютъ бо̀льшимъ временемъ обращенія, то это надо приписать болѣе значительному удаленію ихъ отъ насъ. Наиболѣе близкая изъ всѣхъ вообще

*) Первый разъ орбита δ Equulei была опредѣлена студентомъ Императорскаго С.-Петербургскаго Университета Врублевскимъ, о чемъ напечатано мною въ Astronomische Nachrichten. *С. Глазенапъ.*

звѣздъ, которыя мы могли бы изслѣдовать въ этомъ отношеніи, къ сожалѣнію, не видима въ нашихъ широтахъ — это главная звѣзда въ Центаврѣ (α Centauri). Эта двойная звѣзда имѣетъ въ то-же время наиболѣе раскрытую орбиту изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ двойныхъ звѣздъ, обнаруживающихъ несомнѣнное орбитальное движеніе. α Centauri есть третья по яркости звѣзда на всемъ небѣ, а ея спутникъ — звѣзда второй величины. Наибольшее разстояніе, на которое удаляется спутникъ отъ главной звѣзды при своемъ обращеніи, равняется приблизительно 18″ Такимъ образомъ это самая яркая и самая красивая изъ извѣстныхъ намъ двойныхъ звѣздъ. Обѣ звѣзды обращаются вокругъ общаго центра тяжести въ 80—81 годъ, т. е. почти въ то же время, въ какое совершаетъ полный оборотъ вокругъ солнца Уранъ. Времена обращенія другихъ двойныхъ звѣздъ, опредѣленныя съ достаточною точностью, приблизительно соотвѣтствуютъ времени обращенія Нептуна, т. е. равны круглымъ числомъ 200 годамъ. Хотя времена обращенія звѣздъ γ Leonis, σ Coronae и α Geminorum считаются равными соотвѣтственно 400, 800 и 1000 годамъ, однако сдѣланныя надъ ними наблюденія не достигаютъ такой точности. чтобы можно было съ достаточною увѣренностью поручиться за правильность этихъ чиселъ.



Четверная звѣзда ε Lyrae. Ср. текстъ, стр. 391.

Но вообще оказывается, что въ системахъ двойныхъ звѣздъ существуютъ тѣ же отношенія во временахъ обращенія, какъ и въ солнечной системѣ. Если же мы не наблюдаемъ непосредственно малыхъ временъ обращенія среди этихъ далекихъ солнцъ, то этому нечего удивляться. Наши оптическія средства не достаточны, чтобы отдѣлить отъ главной звѣзды эти спутники, которые стоятъ къ ней необычайно близко, подобно нашимъ планетамъ. Далѣе мы съ полнымъ правомъ можемъ предполагать, что ближайшіе спутники такъ же, какъ у насъ, должны имѣть меньшую величину и поэтому остаются скрытыми отъ насъ.

Самымъ существеннымъ различіемъ между этими звѣздными системами и системой нашего солнца является собственный свѣтъ спутниковъ двойныхъ звѣздъ. Но это-то обстоятельство и даетъ намъ одно изъ важнѣйшихъ указаній въ пользу нашей исторіи развитія свѣтилъ, которую мы до сихъ поръ пытались прочесть въ формахъ и расположеніи туманностей и звѣздныхъ кучъ. Основной чертой этого развитія служитъ послѣдовательное сгущеніе вещества, происходящее въ большинствѣ случаевъ во многихъ центрахъ. Этимъ путемъ образуются свѣтовые узлы и наконецъ отдѣльныя звѣзды. Неоднократно по формѣ туманности мы узнавали, что какое то внѣшнее вліяніе вызвало вращательное движеніе всей массы, а иныя туманности сопровождались еще туманностями-спутницами, которыя и можно было считать, по крайней мѣрѣ, предположительно, причиною

этого вихревого движенія. Какъ бы то ни было въ дѣйствительности, но такая спиральная туманность при дальнѣйшемъ сгущеніи можетъ образовать сначала двойную планетарную туманность, а затѣмъ и двойную звѣзду, въ которой и скажется круговое движеніе въ направленіи прежняго вихревого движенія. Представимъ себѣ съ другой стороны состояніе нашей солнечной системы, въ какомъ она должна была находиться въ неособенно далекомъ прошломъ, если только съ тѣхъ поръ продолжался процессъ охлажденія, которому несомнѣнно подвержены планеты. Тогда мы съ увѣренностью должны сказать, что наше солнце нѣкогда составляло двойную звѣзду съ Юпитеромъ, который еще и теперь излучаетъ собственный свѣтъ, какъ это достовѣрно доказано. Юпитеръ, какъ наибольшая изъ планетъ, долженъ дольше всѣхъ другихъ сохранять собственную теплоту. За нѣсколько времени передъ тѣмъ, когда еще Сатурнъ и другія планеты обладали собственнымъ свѣтомъ, солнечная система была даже тройной и болѣе сложной звѣздой. Наша земля также должна была нѣкогда быть солнцемъ; ибо глубоко лежащіе слои ея каменныхъ породъ указываютъ своимъ строеніемъ на то, что нѣкогда они были въ расплавленно-жидкомъ состояніи.

Итакъ, послѣ того какъ изученіе звѣзднаго неба привело насъ къ тому выводу, что всѣ звѣзды на немъ суть солнца, и мы опредѣлили положеніе нашего солнца среди другихъ ему подобныхъ, намъ даже удалось найти опредѣленныя черты, которыя роднятъ нашъ земной міръ, какъ планету, съ могучимъ центральнымъ свѣтиломъ. Поднимаясь далѣе шагъ за шагомъ въ громадный міръ міровъ, мы достигли крайнихъ предѣловъ, и тамъ, въ послѣднемъ тускломъ мерцаніи безконечности, мы нашли родственные намъ міры. И ни одинъ фактъ, какіе даетъ наблюденіе, не противорѣчитъ нашей вѣрѣ въ то, что лучистая энергія этихъ сонмовъ солнцъ, наполняющихъ пространство, повсюду можетъ вызывать, какъ прекрасный расцвѣтъ жизни, такъ и радость самосознанія.

Но мы не должны удивляться, если иногда встрѣтимъ среди двойныхъ звѣздъ и чуждыя черты, которыхъ сначала не въ состояніи объяснить, или если эти міры обнаружатъ явленія, о которыхъ мы можемъ сдѣлать только очень несовершенное представленіе. Къ подобнымъ явленіямъ принадлежатъ двойныя звѣзды съ разноцвѣтными составляющими. Если намъ трудно представить себѣ міръ планеты, на небѣ которой восходятъ и заходятъ два или болѣе солнцъ, то еще труднѣе вообразить сказочное великолѣпіе окраски такого міра, гдѣ эти солнца излучаютъ свѣтъ различныхъ цвѣтовъ. Если бы тамъ, напримѣръ, надъ горизонтомъ стояло одно только красное солнце, то ландшафтъ постоянно былъ бы залитъ теплыми тонами нашей утренней или вечерней зари. Послѣ восхода второго, зеленаго солнца, всѣ предметы станутъ отбрасывать двѣ тѣни, но не черныя, а окрашенныя: тѣнь отъ краснаго солнца будетъ зеленая, а отъ зеленаго красная, а остальные оттѣнки предметовъ, самихъ по себѣ безцвѣтныхъ, представятъ удивительнѣйшіе переходные тона между этими цвѣтами, смотря по тому, къ какому солнцу предметы обращены большею частью своей поверхности. Счастливыя существа, которыя живутъ тамъ и наблюдаютъ, могутъ любоваться цвѣтовыми оттѣнками, не поддающимся описанію. Неокрашенный бѣлый или темный цвѣтъ тамъ неизвѣстныя понятія. Время раздѣляется тамъ на красные, зеленые или на однотѣневые и двутѣневые дни; времена года — на односолнечное и двусолнечное, смотря по тому, посылаютъ ли одновременно свѣтъ и тепло оба свѣтила, медленно измѣняющія свое положеніе, или же каждое въ отдѣльности.

Изъ этой экскурсіи въ богатый красками міръ планетъ, находящихся въ царствѣ двойныхъ звѣздъ, экскурсіи, предпринятой нами

по примѣру Литтрова, мы теперь снова вернемся на нашъ земной наблюдательный постъ. Сравнительно частое нахожденіе разноцвѣтныхъ двойныхъ звѣздъ представляетъ нѣкоторыя затрудненія, какъ только мы сдѣлаемъ попытку включить эти звѣзды въ нашъ рядъ послѣдовательнаго развитія міровъ. Необходимо допустить, что такая звѣздная пара съ начала ея развитія продолжала формироваться при одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ. Въ такомъ случаѣ меньшая изъ двухъ звѣздъ должна быстрѣе пройти ступени развитія, чѣмъ большая, потому что первая охлаждается скорѣе. Юпитеръ, который, согласно ранѣе высказанному нами взгляду, нѣкогда образовалъ съ солнцемъ двойную звѣзду, теперь почти темное міровое тѣло, и только нѣкоторыя особенныя явленія, какъ напр., подробно описанное въ свое время красное пятно (стр. 172), указываютъ на выступаніе раскаленныхъ до красна массъ на его поверхность. Слѣдовательно, Юпитеръ, вѣроятно, былъ нѣкогда краснымъ спутникомъ солнца, испускающаго бѣлый цвѣтъ. Можно даже допустить, что солнце, какъ главное свѣтило, въ отдаленнѣйшія эпохи было окрашено скорѣе въ синеватый цвѣтъ, а не въ желтоватый, какъ нынѣ, если только предположить, что съ того времени значительно подвинулся впередъ процессъ его охлажденія; ибо синеватыя звѣзды типа Сиріуса принадлежатъ, по нашему предположенію (стр. 334), къ болѣе ранней эпохѣ развитія, чѣмъ желтоватыя звѣзды типа солнца. Правда, въ главѣ о солнцѣ мы видѣли, что имѣющіяся въ нашемъ распоряженіи данныя наблюденія не позволяютъ еще рѣшить вопроса, не превышаетъ ли въ настоящее время возмѣщеніе солнечной теплоты, вызываемое все продолжающимся сгущеніемъ солнца, его тепловой потери: въ этомъ случаѣ солнце шло бы къ стадіи не красной, а синей звѣзды.

Какъ бы то ни было, но наши взгляды во всякомъ случаѣ должны приводить насъ къ тому заключенію, что при разноцвѣтныхъ двойныхъ звѣздахъ красные спутники должны встрѣчаться чаще, потому что они, какъ меньшія тѣла, должны быстрѣе достигнуть стадіи краснаго каленія. Въ дѣйствительности же мы встрѣчаемъ совершенно обратное. Именно, различіе въ окраскѣ увеличивается весьма замѣтно вмѣстѣ съ возрастаніемъ разницы звѣздныхъ классовъ главной звѣзды и спутника. Этотъ фактъ стоитъ въ полномъ согласіи съ нашимъ воззрѣніемъ. Однако, оказывается, что цвѣта спутника замѣтно стремятся къ фіолетовому концу спектра, цвѣта же главной звѣзды къ красному. Мы не можемъ пока объяснить этого страннаго отклоненія; затрудненіе не устраняется и тѣмъ, если объяснить частое появленіе дополнительныхъ цвѣтовъ въ звѣздныхъ парахъ просто оптическимъ обманомъ, какъ это объясняли раньше. Очень легко сдѣлать опытъ, который подкрѣпляетъ это предположеніе; если рядомъ съ окрашеннымъ источникомъ свѣта держать листъ бѣлой бумаги такимъ образомъ, чтобы на него могъ падать только бѣлый свѣтъ, тогда онъ будетъ казаться совершенно зеленымъ: дополнительный цвѣтъ появляется на нашей сѣтчаткѣ вслѣдствіе контраста. Нельзя оспаривать, что подобныя дѣйствія могутъ усиливать различія въ окраскѣ и двойныхъ звѣздъ; но исключительно этимъ нельзя всетаки его объяснить, такъ какъ кромѣ дополнительныхъ довольно часто встрѣчаются и другіе цвѣта. Вполнѣ рѣшающимъ является слѣдующій опытъ: закрыть въ полѣ зрѣнія одну изъ звѣздъ; тогда цвѣтъ другой звѣзды, если только онъ является слѣдствіемъ физіологической причины, долженъ изчезнуть; однако этого не происходитъ.

Самое вѣрное рѣшеніе вопроса, дѣйствительно ли существуютъ различныя окраски звѣздъ, могъ бы, конечно, дать спектроскопъ; однако, здѣсь представляются большія техническія затрудненія. Ясно окрашенныя въ различные цвѣта двойныя звѣзды или стоятъ такъ близко другъ къ другу, что составляющихъ ихъ нельзя помѣстить отдѣльно въ поле зрѣнія спектро-

скопа, или спутникъ бываетъ слишкомъ слабъ, чтобы можно было произвести спектрокоспическое изслѣдованіе.

Зато торжество спектроскопа выразилось въ изслѣдованіи двойныхъ звѣздъ открытіемъ природы двойныхъ звѣздъ въ нѣкоторыхъ яркихъ звѣздахъ, спутники которыхъ, вѣроятно, никогда не будутъ видимы прямо въ телескопъ. Характернымъ представителемъ этого рѣдкаго класса служитъ звѣзда α Дѣвы (α Virginis) красивая, сіяющая бѣлымъ свѣтомъ Спика (колосъ). Фогель въ Потсдамѣ открылъ въ 1889 и 1890 гг., что линіи въ спектрѣ этой звѣзды періодически мѣняютъ положеніе относительно соотвѣтственныхъ линій земнаго, т. е. неподвижняго источника свѣта. Постоянное смѣщеніе ихъ въ одну и ту же сторону и на одну и ту же величину не казалось бы поразительнымъ, такъ какъ оно обнаруживается почти на всѣхъ звѣздахъ и указываетъ на ихъ равномѣрно поступательное движеніе въ пространствѣ. Но особый характеръ измѣненія этого смѣщенія, обнаруженнаго Спикою, можно объяснить только орбитальнымъ движеніемъ, которое должна совершать эта звѣзда помимо поступательнаго движенія. Потсдамскія наблюденія даютъ слѣдующія скорости въ секунду:

Годъ	День и мѣсяцъ	Среднее время въ Потсдамѣ	Движеніе въ секунду въ километрахъ	Годъ	День и мѣсяцъ	Среднее время въ Потсдамѣ	Движеніе въ секунду въ километрахъ
1889	21 апрѣля	9^h 15^m	— 91	1890	10 апрѣля	11^h 30^m	— 1
1889	29 апрѣля	11 10	— 98	1890	11 апрѣля	10 50	+ 56
1889	1 мая	10 58	+ 46	1890	13 апрѣля	10 50	—109
1890	4 апрѣля	11 30	— 21	1890	15 апрѣля	11 0	+ 81
1890	9 апрѣля	10 30	—104				

Отсюда мы видимъ, что движеніе звѣзды по линіи зрѣнія направлено то къ намъ, то отъ насъ. Слѣдовательно, мы должны были бы видѣть орбиту ея весьма укороченной, приблизительно такъ, какъ мы видимъ орбиту планетныхъ спутниковъ. Дѣйствительно, еслибы она была перпендикулярна къ линіи нашего зрѣнія, то обѣ звѣзды всегда двигались бы по линіи, перепендикулярной къ лучу зрѣнія, и мы не наблюдали бы никакого относительнаго измѣненія скорости и никакого смѣщенія спектральныхъ линій. Изъ наблюдаемыхъ смѣщеній линій или изъ приведенныхъ выше чиселъ легко найти, что невидимая двойная звѣзда совершаетъ полное обращеніе въ 4 дня 0,3 часа, и что скорость главной звѣзды по ея орбитѣ равна 89 клм. въ секунду; вся система удаляется отъ насъ въ то же самое время на 22 клм. Если по аналогіи съ солнечной системой допустить, что движеніе совершается приблизительно по круговой орбитѣ, то можно очень легко вычислить поперечникъ этого круга въ километрахъ, хотя намъ и неизвѣстно вообще, на какомъ разстояніи находится отъ насъ данное свѣтило. Для этого намъ надо только вычислить, сколько секундъ заключается въ выше приведенномъ времени обращенія и помножить полученное число на 89. Тогда мы получимъ окружность орбиты въ километрахъ и можемъ легко найти ея радіусъ при помощи извѣстнаго числа π. Онъ равенъ 4.880,000 клм.

Здѣсь при помощи свѣторазсѣивающей призмы мы открыли міръ, который находится къ центру своей системы въ двѣнадцать разъ ближе, чѣмъ ближайшая къ солнцу планета отстоитъ отъ него, и обращается вокругъ центра въ 22 раза быстрѣе. Такимъ способомъ открывается совершенно новый родъ небесныхъ свѣтилъ: конечно, нельзя было бы не отнестись съ крайнимъ сомнѣніемъ къ тѣмъ выводамъ, опираясь на которые, мы теоретически открыли эти тѣла, если бы другія явленія на небѣ,

о которыхъ мы скоро будемъ говорить, не убѣдили насъ въ достовѣрномъ существованіи подобнаго рода міровыхъ тѣлъ, находящихся близко другъ къ другу. Если бы Спика находилась къ намъ такъ же близко, какъ самое ближайшее солнце въ Центаврѣ,—на самомъ дѣлѣ этого нѣтъ, — то это разстояніе въ 5 милліоновъ километровъ отъ общаго центра тяжести системы мы видѣли бы подъ угломъ всего въ 0,03″. Если сдѣлать маловѣроятное допущеніе, что спутникъ обладаетъ такою же массою, какъ и главное свѣтило, т. е. удаленъ отъ центра тяжести точно также на 0,03″, то эти два тѣла при незначительномъ разстояніи въ 0,06″ не могли бы быть видимы отдѣльно даже въ наши лучшіе телескопы.

Поэтому мы никогда не можемъ разсчитывать на прямое подтвержденіе этого въ высшей степени интереснаго факта „астрономіи невидимаго“, которая уже отпраздновала много побѣдъ.

По всей вѣроятности, въ данномъ случаѣ спутникъ принадлежитъ къ темнымъ свѣтиламъ. Иначе въ спектроскопѣ наблюдалось бы тоже явленіе, что и на нѣкоторыхъ другихъ звѣздахъ, напр., Пикерингомъ на β Aurigae и ζ Ursae majoris и Бѣлопольскимъ въ Пулковѣ на β Lyrae: именно, спектральныя линіи появлялись бы періодически то удвоенными, то опять простыми. При тѣлахъ приблизительно одинаковой величины, какъ мы увидимъ ближе во второй части, должно происходить общее движеніе вокругъ центра тяжести ихъ массъ. Слѣдовательно, отношенія тамъ совершенно иныя, чѣмъ въ нашей солнечной системѣ, гдѣ одно тѣло значительно преобладаетъ по величинѣ и потому остается почти въ покоѣ по отношенію къ круговымъ движеніямъ своихъ спутниковъ. Двойныя солнца почти равныхъ величинъ движутся такъ, что, оставаясь всегда на возможно большомъ разстояніи другъ отъ друга, обращаются вокругъ общаго центра тяжести, который можетъ и не имѣть массы. Слѣдовательно, когда одно тѣло такой системы при круговомъ движеніи, приближается къ намъ, то другое должно удаляться отъ насъ въ противоположной части орбиты. Отсюда слѣдуетъ, что спектральныя линіи одной звѣзды должны смѣщаться въ одну сторону, а линіи другой въ другую. Когда же одно тѣло, находящееся въ данной моментъ ближе къ намъ, движется перпендикулярно къ нашей линіи зрѣнія, напр., вправо, а другое въ дальней части пути движется влѣво, то никакого смѣщенія линій не происходитъ. Этимъ сразу объясняется періодическое расщепленіе или, по крайней мѣрѣ, замѣтное расширеніе и затѣмъ сліяніе линій. Очень страннымъ оказывается для β Aurigae почти столь же короткое время обращенія, четыре дня, какъ и для Спики, главной звѣзды въ созвѣздіи Дѣвы. За то наблюденія надъ ζ Ursae majoris дали Пикерингу время обращенія въ 104 дня. Число это впрочемъ нуждается еще въ подтвержденіи дальнѣйшими наблюденіями надъ этой замѣчательной звѣздой. Спутники обѣихъ звѣздъ должны быть свѣтящимися, въ противоположность спутнику Спики.

Ближайшее изслѣдованіе явленій, наблюдаемыхъ на β Lyrae, приводитъ насъ къ классу міровыхъ тѣлъ, которымъ посвящена слѣдующая глава, къ классу перемѣнныхъ звѣздъ.

---

19. Перемѣнныя и новыя звѣзды.

Кромѣ періодическаго удвоенія спектральныхъ линій, звѣзда β Lyrae, упомянутая нами въ предыдущей главѣ, показываетъ періодическую измѣнчивость силы свѣта; при этомъ оба періода совпадаютъ между собою. Эту особенность она раздѣляетъ со многими другими звѣздами. Каталогъ перемѣнныхъ звѣздъ, недавно составленный американцемъ Чендлеромъ (Chandler) и доведенный до марта 1896 г., содержитъ 378 номеровъ.

Итакъ, небесные свѣточи, которые, въ виду постояннаго покоя и неизмѣнности небеснаго свода, уже въ теченіе тысячелѣтій, съ тѣхъ поръ какъ человѣчество восхищается созерцаніемъ ихъ, считались аттрибутами вѣчности, какъ оказывается, испытываютъ періодическія колебанія своей лучистой силы. Этотъ фактъ долженъ казаться тѣмъ болѣе загадочнымъ. что при дальнѣйшемъ знакомствѣ съ природой неподвижныхъ звѣздъ, мы все болѣе убѣждаемся, что ихъ несомнѣнно надо считать солнцами, подобными нашему. На перемѣнныхъ же звѣздахъ мы видимъ, что сила свѣта ихъ колеблется въ различныхъ степеняхъ и въ различные промежутки времени. У нѣкоторыхъ періодъ измѣненія свѣта ограничивается нѣсколькими днями и даже часами, у другихъ этотъ таинственный процессъ продолжается годы; а нѣкоторыя звѣзды, такъ называемыя временныя или новыя, вспыхиваютъ только разъ въ такихъ мѣстахъ неба, гдѣ раньше не было и слѣда звѣзды, или же наблюдалась совсѣмъ слабая свѣтовая точка. Одна изъ новыхъ звѣздъ, именно новая звѣзда 1572 г., превзошла своимъ блескомъ всѣ остальныя звѣзды неба. Она оставалась неподвижно на одномъ и томъ же мѣстѣ небеснаго свода, но черезъ нѣсколько мѣсяцевъ стала блѣднѣть все больше и больше и наконецъ совершенно исчезла. Нѣкоторыя изъ этихъ перемѣнныхъ звѣздъ сохраняютъ періоды измѣненія своего блеска съ такою точностью, что опытный наблюдатель можетъ, пожалуй, провѣрять по нимъ минутную стрѣлку своихъ часовъ. Другія же звѣзды только въ среднемъ сохраняютъ одинаковый періодъ, но встрѣчаются и такія перемѣнныя звѣзды, которыя измѣняютъ свой блескъ совершенно неправильно.

Итакъ, эта область „перемѣнныхъ“ звѣздъ представляетъ для наблюдателя множество интересныхъ подробностей, которыя достойны болѣе тщательнаго изслѣдованія. Въ настоящее время изученіемъ этой увлекательной области занимаются многіе любители астрономіи, для которыхъ она вполнѣ доступна, такъ какъ за колебаніями свѣта можно слѣдить почти безъ всякихъ вспомогательныхъ инструментовъ и получать цѣнные результаты. Большей частью довольно хорошаго бинокля, чтобы съ достаточною точностью наблюдать наиболѣе интересныя перемѣнныя звѣзды; нужна только способность къ вѣрной оцѣнкѣ блеска звѣздъ и выдержка, и тогда можно произвести рядъ наблюденій, который можетъ составить важный вкладъ для изученія міроздания.

Наблюденіе перемѣнныхъ звѣздъ производится слѣдующимъ образомъ. Выбираютъ для сравненія одну или лучше двѣ звѣзды вблизи наблюдаемой, при чемъ одна изъ нихъ имѣетъ нѣсколько меньшую яркость, чѣмъ наблюдаемая, другая—нѣсколько бо́льшую. Быстро наблюдаютъ сначала перемѣнную звѣзду, а затѣмъ одну изъ звѣздъ сравненія и оцѣниваютъ разницу въ блескѣ, стараясь выразить ее въ такъ называемыхъ степеняхъ (Stufe), на которыя подраздѣляются звѣздные классы. Величина подобной степени (Stufe) лежитъ обыкновенно на границѣ различаемости при оцѣнкѣ блеска звѣздъ безъ особыхъ вспомогательныхъ средствъ. Подобнаго рода оцѣнки повторяются нѣсколько разъ въ теченіе одного вечера. Въ промежуткахъ слѣдуетъ производить наблюденія надъ другими звѣздами, чтобы не поддаться ошибкѣ при первой оцѣнкѣ. Срав-

неніе наблюденій въ различные вечера, произведенныхъ, конечно, при помощи однихъ и тѣхъ же звѣздъ сравненія, дастъ возможность замѣтить колебанія яркости. Въ этомъ случаѣ болѣе точныхъ опредѣленій звѣздныхъ классовъ не требуется; ихъ можно получить только фотометрическимъ измѣреніемъ блеска звѣздъ сравненія. Если при этомъ методѣ обращать вниманіе на то, чтобы сравниваемыя звѣзды стояли какъ можно ближе къ наблюдаемой звѣздѣ, то можно исключить всѣ источники ошибокъ, которые обусловливаются неравномѣрно освѣщеннымъ небомъ, или поглощеніемъ свѣта въ атмосферѣ, увеличивающимися при низкомъ положеніи свѣтилъ относительно горизонта. При такихъ условіяхъ измѣненіе положенія свѣтилъ въ различные вечера, а также усиленіе или ослабленіе луннаго свѣта, который можетъ значительно измѣнить видимую яркость свѣтилъ, почти не имѣютъ вліянія на сравниваемыя наблюденія.

Въ послѣднее время для этихъ наблюденій часто примѣняется особаго рода фотометръ, называемый „клиновымъ". Онъ состоитъ изъ стекла клинообразной формы, которое соотвѣтственной обработкой дѣлается полупрозрачнымъ. Этотъ клинъ вставляется въ особую трубку и имѣетъ въ ней свободное движеніе, перпендикулярно къ оптической оси трубы. Передвигая его передъ глазомъ, пока не изчезнетъ звѣзда, можно заставить лучъ пройти большій или меньшій путь сквозь дымчатый клинъ. Такимъ образомъ при помощи этого простого приспособленія можно измѣнять видимую яркость сравниваемой звѣзды до тѣхъ поръ, пока она не будетъ имѣть такую же яркость, какъ перемѣнная звѣзда. Затѣмъ на особой шкалѣ отсчитывается на сколько вдвинутъ клинъ. Эти отчеты прямо показываютъ въ степеняхъ искомую разницу въ яркости сравниваемыхъ звѣздъ. Кромѣ того, для этихъ наблюденій необходимы еще хорошіе карманные часы, которые свѣряются съ какими нибудь несомнѣнно вѣрными часами, напр., на телеграфной станціи.

Указанное нами разнообразіе явленій, которое представляютъ перемѣнныя звѣзды, уже напередъ дѣлаетъ вѣроятнымъ, что для объясненія этихъ явленій можно привести различныя причины. Поэтому удобно раздѣлить самыя явленія по классамъ и разсмотрѣть каждый классъ въ отдѣльности. Пикерингъ различаетъ пять классовъ:

- первый классъ заключаетъ такія звѣзды, которыя до сихъ поръ вспыхивали всего однажды, т. е. такъ называемыя новыя или временныя звѣзды;
- второй классъ заключаетъ звѣзды, которыя измѣняютъ яркость неправильно, въ длинные періоды, въ теченіе мѣсяцевъ и лѣтъ;
- третій классъ заключаетъ звѣзды, обнаруживающія только иногда слабое измѣненіе свѣта, которое нельзя подвести ни подъ какой періодъ;
- четвертый классъ содержитъ звѣзды съ приблизительно правильнымъ измѣненіемъ блеска, который довольно равномѣрно усиливается и ослабѣваетъ;
- пятый классъ заключаетъ звѣзды, яркость которыхъ остается постоянной въ теченіи нѣсколькихъ часовъ, а затѣмъ быстро слабѣетъ и также быстро возвращается къ прежному состоянію.

Соотвѣтственно нашимъ общимъ разсужденіямъ о двойныхъ звѣздахъ, мы займемся прежде другихъ послѣднимъ классомъ перемѣнныхъ звѣздъ. Ихъ называютъ также звѣздами типа Альголя, въ честь β Персея, носящаго арабское названіе Альголь, такъ какъ на немъ впервые обнаружены тѣ особенности, которыя мы сейчасъ разсмотримъ. Итальянскій математикъ и астрономъ Монтанари, уже въ 1667 г. обратилъ вниманіе на измѣнчивость блеска этой звѣзды и, говорятъ, въ его погибшемъ сочиненіи былъ списокъ около сотни другихъ перемѣнныхъ звѣздъ. Однако, насколько

извѣстно точно, Альголь былъ второю звѣздой, на которой это свойство наблюдалось.

Альголь, обыкновенно звѣзда второй величины, легко можетъ быть наблюдаемъ въ вечерніе часы осенью, зимою или весной. Съ помощью звѣздной карты, его легко можетъ найти даже неопытный наблюдатель. Отыскиваніе надо начать съ характерной группы W созвѣздія Кассіопеи, которую всегда легко найти, такъ какъ у насъ она никогда не заходитъ, или же съ Большой Медвѣдицы. Въ теченіи $2^1/_2$ дней Альголь сохраняетъ яркость звѣздъ второй величины; въ это время онъ ничѣмъ не отличается отъ обыкновенныхъ бѣлыхъ звѣздъ. Затѣмъ вдругъ его блескъ начинаетъ уменьшаться, сначала очень медленно, далѣе все быстрѣе и черезъ $4^1/_2$ часа звѣзда становится темнѣе на полтора звѣздныхъ класса (отъ 2,2 до 3,7). Но послѣ этого тотчасъ же яркость его опять возрастаетъ, и вновь черезъ $4^1/_2$ часа звѣзда достигаетъ обычной яркости. Въ слѣдующей таблицѣ мы даемъ колебанія его яркости по Шенфельду, установленныя по степенямъ, до и послѣ минимума:

Время, считая отъ минимума	Яркость раньше		Яркость послѣ		Время, считая отъ минимума	Яркость раньше		Яркость послѣ	
$4^h\,30^m$	20,7	0,5	20,7	0,5	2 0	15,3	2,0	13,2	2,6
4 0	20,2	0,6	20,2	1,0	1 30	12,0	3,3	9,8	3,4
3 30	19,0	0,9	19,2	1,5	1 0	8,5	3,5	7,6	2,2
3 0	18,7	1,4	17,7	1,9	0 30	6,3	2,2	6,2	1,4
2 30	17,3	2,6	15,8	2,6	0 0	5,6	0,7	5,6	0,6

Эта смѣна, какъ доказано, правильно совершается, уже болѣе столѣтія. Между двумя минимумами проходитъ ровно 2 дня 20 часовъ 48 минутъ и 53,8 секунды съ единственнымъ ограниченіемъ, что число секундъ въ теченіе десятилѣтій нѣсколько колеблется въ предѣлахъ самое большое 5 секундъ. Приведенное выше число относится къ 1862 г. До этого времени съ 1784 г. оно постоянно медленно уменьшалось, тогда какъ теперь оно снова увеличивается. Такимъ образомъ и въ этихъ совершенно незначительныхъ колебаніяхъ ясно видна закономѣрность.

Нигдѣ во всей природѣ явленія не совершаются съ такою большою точностью, какъ въ области небесныхъ движеній. Поэтому прежде всего мы наталкиваемся на мысль о движеніи, какъ только пожелаемъ отыскать причины въ высшей степени замѣчательнаго измѣненія блеска Альголя. Во всякомъ случаѣ здѣсь не могутъ участвовать внутренніе физическіе процессы, такъ какъ они никогда не проявляютъ такой правильной послѣдовательности. Далѣе мы невольно приходимъ къ явленію, которое правильно совершается въ нашей солнечной системѣ и съ большою точностью можетъ быть вычислено заранѣе, это солнечныя затменія, которыя для насъ на землѣ точно такъ же вызываютъ измѣненіе свѣта нашего главнаго свѣтила. Дѣйствительно, оказывается, что затменія Альголя во всемъ своемъ теченіи носятъ характеръ солнечнаго затменія. Такимъ образомъ надо искать второе темное тѣло, которое обращается вокругъ свѣтящагося Альголя и приблизительно черезъ каждые 69 часовъ проходитъ почти черезъ линію зрѣнія между Альголемъ и землей, и при этомъ на нѣсколько часовъ скрываетъ отъ насъ свѣтъ Альголя. Слѣдовательно, при этихъ условіяхъ Альголь не есть двойная звѣзда въ ранѣе разсмотрѣнномъ смыслѣ, но есть солнце, вокругъ котораго обращается темная планета. Правда, мы встрѣчаемъ здѣсь условія, значительно отличающіяся отъ условій нашей солнечной системы, такъ какъ мы имѣемъ передъ собою планету, которая немногимъ меньше своего солнца, если судить по значитель-

ному ослабленію свѣта, вызываемому ею. Если у насъ на землѣ при солнечномъ затменіи столь малая луна можетъ совершенно закрыть большое солнце, то это зависитъ отъ сравнительно большой близости къ намъ луны, благодаря чему послѣдняя намъ кажется значительно больше. Но при громадномъ разстояніи, которое отдѣляетъ насъ отъ системы Альголя, подобныя перспективныя различія въ величинѣ не имѣютъ, конечно, значенія. Далѣе, темный спутникъ долженъ находиться необычайно близко къ своему главному свѣтилу, о чемъ можно заключить по короткому времени обращенія, которое меньше трехъ дней; въ этомъ также заключается существенное отличіе системы Альголя отъ солнечной.

Существованіе темнаго спутника доказано также спектроскопически Фогелемъ и Шейнеромъ такимъ же образомъ, какъ для α Virginis (см. стр. 396). Въ главѣ астрономіи невидимаго это прибавило еще одинъ въ высшей степени интересный фактъ. Такъ какъ величина обоихъ тѣлъ почти одинакова, совершенно такъ же, какъ и у α Virginis, то ни то, ни другое тѣло не можетъ находиться въ покоѣ, но оба должны обращаться вокругъ одного общаго центра тяжести. Для изслѣдованія этого интереснаго случая было, слѣдовательно, очень важно ближе прослѣдить при помощи спектроскопа движенія Альголя по линіи зрѣнія. Дѣйствительно, этотъ методъ далъ цѣнный результатъ, именно, имъ были открыты колебанія въ скоростяхъ по линіи зрѣнія, которыя обнаруживаютъ тотъ же періодъ, какъ и измѣненіе блеска Альголя. Въ то время, когда звѣзда блеститъ неослабленнымъ свѣтомъ, въ положеніи ея спектральныхъ линій происходятъ измѣненія, свидѣтельствующія съ несомнѣнностью объ ея круговомъ движеніи. Шейнеръ опубликовалъ въ своемъ „Спектральномъ анализѣ звѣздъ“ слѣдующія наблюденія, сдѣланныя въ этомъ направленіи:

Потсдамъ		Время отъ ближайшаго минимума	Движеніе Альголя
4 декабря 1888.	$6^h,6$	$11^h,4$ послѣ	—46 клм.
6 января 1889.	5,7	22,4 до	+29
9 января 1889.	5,5	19,4 до	+32
13 ноября 1889.	9,3	13,3 послѣ	—40
23 ноября 1889.	9,0	22,3 до	+42
26 ноября 1889.	8,5	19,6 до	+45

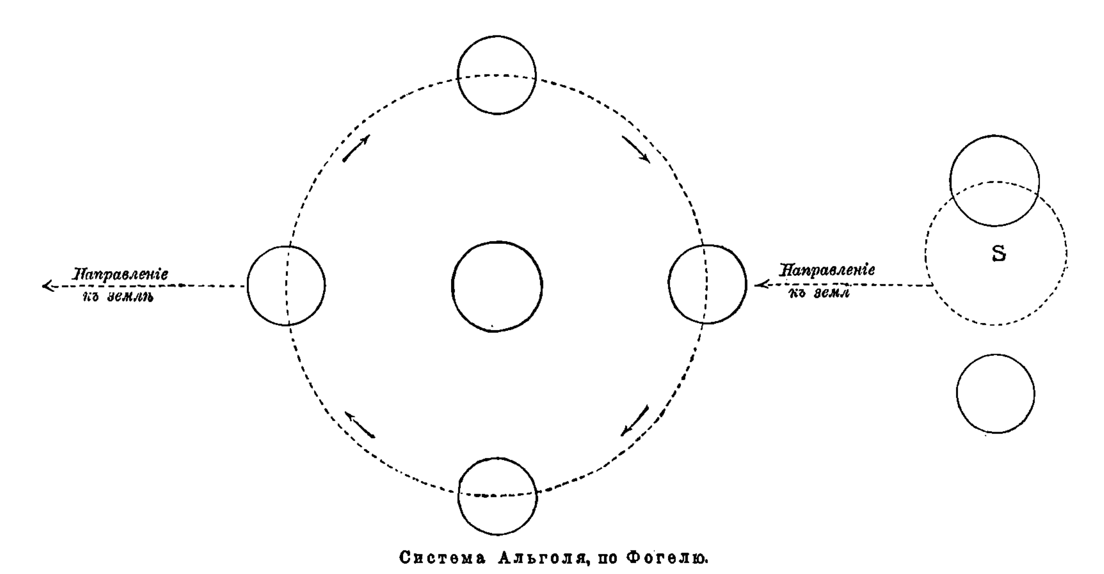
Изъ этихъ чиселъ совершенно такъ же, какъ это было сдѣлано для α Virginis, очень легко вычислить путь Альголя вокругъ общаго центра. Такъ какъ изъ кривой измѣненія свѣта извѣстна относительная величина обоихъ свѣтилъ и въ то же время размѣры орбиты темнаго тѣла, то, полагая, что эти орбиты почти круги, мы можемъ дать ихъ размѣры въ километрахъ. Потстдамскіе изслѣдователи нашли такимъ образомъ слѣдующія числа:

Поперечникъ главной звѣзды	1 700 000 клм.
Поперечникъ спутника	1 330 000
Разстояніе ихъ центровъ	5 180 000
Скорость Альголя по орбитѣ	42
Скорость спутника по орбитѣ	89
Движеніе всей системы	—4

Съ помощью этихъ чиселъ мы можемъ представить себѣ эту систему такъ, какъ сдѣлано на прилагаемомъ (стр. 402) рисункѣ. Мы видимъ здѣсь, что солнце этой системы немного больше нашего (поперечникъ нашего солнца =1.380,000 клм.) Впрочемъ, планетный спутникъ, имѣющій величину солнца, не находитъ себѣ ничего подобнаго.

Объясненіе медленнаго измѣненія періодичности времени обращенія,

указаннаго нами выше, встрѣчаетъ, однако, затрудненія. Если бы періодичность все время уменьшалась или увеличивалась, то это можно бы было объяснить удаленіемъ системы отъ насъ или приближеніемъ къ намъ съ измѣняющеюся скоростью. Подобно тому, какъ по принципу Допплера (см. стр. 80 и сл.) происходятъ смѣщенія линій вслѣдствіе поступательнаго движенія звѣздъ въ пространствѣ, можетъ происходить также замедленіе или ускореніе затменій, какъ это, напр., очень ясно наблюдается на затменіи спутниковъ Юпитера въ нашей солнечной системѣ. Пользуясь ими, удалось даже въ точности измѣрить громадную скорость свѣта. Если, напр., второе затменіе какого либо свѣтила наступаетъ въ такомъ мѣстѣ пространства, которое находится отъ насъ на 300,000 клм. дальше того мѣста, гдѣ происходило первое затменіе, то свѣтъ, извѣщающій насъ о концѣ затменія, пройдетъ весь путь до насъ ровно на одну секунду дольше,



Система Альголя, по Фогелю.

чѣмъ ранѣе. Промежутокъ между двумя затменіями поэтому будетъ для насъ на одну секунду больше, чѣмъ это отвѣчаетъ дѣйствительности. При дальнѣйшемъ движеніи отъ насъ все будетъ прибавляться одна секунда, если скорость тѣла постоянно мѣняется въ одномъ и томъ же смыслѣ. Но на Альголѣ замѣчается колебаніе періода; въ теченіи нѣсколькихъ дѣсятилѣтій онъ уменьшался, а теперь вновь увеличивается.

Чендлеръ пытается объяснить этотъ фактъ допущеніемъ, что въ этой замѣчательной системѣ находится еще третье тѣло, которое, подобно спутнику Альголя, совсѣмъ или почти совсѣмъ темное, но величина котораго далеко превосходитъ величины двухъ другихъ звѣздъ. Вокругъ него оба свѣтила движутся по орбитѣ съ временемъ обращенія въ 140 лѣтъ. Этимъ, дѣйствительно, можно объяснить указанныя колебанія періода измѣненія блеска, такъ какъ при такой большой орбитѣ свѣтъ долженъ проходить неодинаковыя разстоянія. Однако, кромѣ того замѣчаются еще другія колебанія, которыя приводятъ къ необходимости допустить существованіе еще четвертаго тѣла, нарушающаго движенія остальныхъ. Но подобныя толкованія являются пока еще слишкомъ преждевременными, такъ какъ движенія, которыя должны совершаться въ такой своеобразной системѣ, теоретически еще недостаточно изслѣдованы. Во всякомъ случаѣ, для разъясненія этого вопроса необходимо въ теченіе нѣсколькихъ десятилѣтій сколь

возможно точнѣе прослѣдить какъ при помощи спектроскопическихъ, такъ и прямыхъ измѣреній, собственныя движенія свѣтящагося тѣла, къ которому мы и должны пріурочить всѣ наши выводы. Въ настоящее время, какъ мы видимъ изъ вышеприведенныхъ чиселъ, собственное движеніе этой системы относительно нашей незначительно. По Чендлеру, Альголь со своимъ ближайшимъ спутникомъ движется по большой орбитѣ вокругъ третьяго тѣла, которое въ настоящее время находится къ намъ ближе двухъ другихъ. Движеніе Альголя по большой орбитѣ теперь таково, что періодъ измѣненія блеска вновь удлинняется: перемѣщеніе въ сторону отъ насъ должно возрастать, что̀ въ ближайшія десятилѣтія и можно было бы подтвердить. Собственное движеніе свѣтила, измѣряемое непосредственно, не спектроскопическимъ путемъ, и совершающееся перпендикулярно къ линіи нашего зрѣнія, по Баушингеру, за весь періодъ, за который можно было изслѣдовать эту замѣчательную звѣзду въ данномъ отношеніи, не показываетъ никакихъ измѣненій, какъ это должно было бы происходить по гипотезѣ Чендлера. Поэтому Тиссеранъ сомнѣвается въ допустимости этой послѣдней; колебанія же во времени обращенія онъ объясняетъ извѣстными возмущеніями, какія должны происходить отъ того, что Альголь не шаръ, а сжатое тѣло, какъ наша земля и другія планеты; какъ извѣстно, это обстоятельство имѣетъ вліяніе на движенія планетныхъ спутниковъ. Однако, мы не имѣемъ возможности здѣсь болѣе входить въ эти теоретическіе вопросы.

Перемѣнныя звѣзды типа Альголя принадлежатъ къ наиболѣе рѣдкимъ явленіямъ. До сихъ поръ найдено на небѣ только десять представителей этого типа, и легко объяснить, почему это такъ *). Мы видѣли, что существованіе спутника у неподвижныхъ звѣздъ есть обычное явленіе, и надо допустить, что на самомъ дѣлѣ спутниковъ гораздо больше, чѣмъ мы можемъ видѣть. Если же мы ихъ видимъ мало; то или потому, что эти системы очень удалены отъ насъ, или потому, что спутники являются вообще темными тѣлами. Если только наша солнечная система не представляетъ исключенія, а для подобнаго допущенія у насъ нѣтъ никакихъ основаній, то весьма вѣроятно, что неисчислимые милліоны планетъ обращаются вокругъ всѣхъ неподвижныхъ звѣздъ, которыя наполняютъ міровое пространство, но только мы не можемъ обнаружить и слѣда ихъ существованія. Такимъ образомъ въ великомъ цѣломъ теряются милліоны міровъ. Даже самая большая наша планета, Юпитеръ, съ такого разстоянія, на какомъ наше солнце кажется звѣздой первой величины, не вызвала бы замѣтнаго ослабленія солнечнаго свѣта, когда для данной точки наблюденія она проходила бы черезъ дискъ солнца. Поперечникъ Юпитера почти въ десять разъ меньше поперечника солнца, слѣдовательно, поверхность, которою онъ заслоняетъ солнце, въ 100 разъ меньше солнечнаго диска. Для взятой нами точки наблюденія солнце несомнѣнно является перемѣнною звѣздой типа Альголя, такъ какъ для нея оно должно черезъ каждые двѣнадцать лѣтъ на нѣсколько часовъ терять сотую часть своего свѣта, которая задерживается Юпитеромъ. Хотя колебаніе свѣта на сотую часть всей величины и можно опредѣлить при помощи наиболѣе чувствительныхъ фотометровъ, но только какъ среднюю величину изъ ряда наблюденій. Поэтому мы еще очень далеки отъ того, чтобы могли дѣлать подобныя открытія на другихъ звѣздахъ.

Изъ этого сравненія можно видѣть, какія интересныя заключенія относительно міра неподвижныхъ звѣздъ могутъ дать постоянныя фотометрическія измѣренія даже надъ такими звѣздами, которыя на первый взглядъ не представляютъ чего либо замѣчательнаго. Тѣмъ не менѣе количество

*) Недавно въ маѣ 1899 г. г-жа Цераская въ Москвѣ открыла еще одну перемѣнную звѣзду типа Альголя. *С. Глазенапъ.*

звѣздъ типа Альголя, извѣстныхъ намъ, должно остаться незначительнымъ: для того, чтобы мы могли наблюдать ихъ, какъ перемѣнныя звѣзды, необходимо, чтобы планета, вызывающая затменіе, прошла какъ разъ между нами и главной звѣздой. Слѣдовательно, звѣзды типа Альголя находятся приблизительно въ такомъ же отношеніи къ двойнымъ звѣздамъ, какъ эллиптическія туманности съ заостренными краями къ круглымъ планетарнымъ или къ такимъ туманностямъ, которыя отчетливо обнаруживаютъ спиральную форму, благодаря наклонному положенію. Какъ здѣсь мы должны видѣть передъ собою какъ разъ ребро плоскаго чечевицеобразнаго тѣла, такъ же точно и тамъ плоскость планетной орбиты должна совпадать съ линіей нашего зрѣнія. Среди тысячъ солнцъ, вокругъ которыхъ обращаются планеты, способныя произвести замѣтныя для насъ затменія, только нѣкоторыя будутъ всегда удовлетворять этому условію, т. е. находиться въ особенномъ отношеніи относительно насъ, и среди нихъ мы можемъ открыть только такія солнца, у которыхъ темное тѣло немногимъ меньше свѣтящагося, и потому можемъ вызвать значительное затменіе. Если съ одной стороны этимъ объясняется малое число перемѣнныхъ звѣздъ типа Альголя, то съ другой стороны это обстоятельство является доказательствомъ правильности нашего взгляда на эти звѣзды.

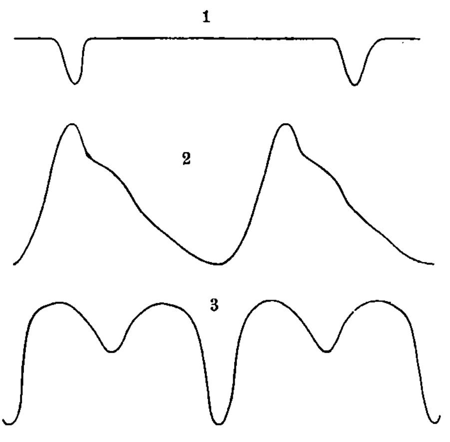
Открытая позже другихъ звѣзда этого типа W Delphini особенно интересна въ томъ отношеніи, что изъ всѣхъ подобныхъ звѣздъ она показываетъ наиболѣе сильное колебаніе свѣта. Она представляетъ въ максимумѣ только 9,5 величину, но за два часа до минимума становится ниже двѣнадцатой величины, т. е. находится тогда около предѣла видимости для среднихъ инструментовъ; вѣроятно, послѣ того она исчезаетъ совершенно. Черезъ пять часовъ послѣ минимума она опять достигаетъ обычной силы свѣта; весь періодъ обнимаетъ 4д 19ч 12м 13с. Послѣ десятичасового ослабленія свѣта звѣзда больше четырехъ дней остается постоянной съ точностью до нѣсколькихъ сотыхъ звѣзднаго класса.

Послѣ нея наибольшее колебаніе свѣта, между 7,3 и 9,2 величинами, представляетъ U Cephei: явленіе повторяется черезъ каждые $2^1/_2$ дня. Самый короткій періодъ имѣетъ U Ophiuchi, именно немного болѣе 20 часовъ, при чемъ 15 часовъ свѣтъ звѣзды остается неизмѣннымъ, затменіе же продолжается 5 часовъ; при этомъ ослабленіе свѣта равняется всего 0,8 звѣзднаго класса (6,0—6,8). Изъ 10—12 звѣздъ типа Альголя, извѣстныхъ намъ (относительно двухъ еще остается сомнѣніе, не принадлежатъ ли онѣ къ слѣдующему классу), только двѣ имѣютъ періодъ болѣе четырехъ дней; самымъ длиннымъ періодомъ обладаетъ S Cancri, именно—$9^1/_2$ дней. Замѣчательно, что для этихъ темныхъ спутниковъ были найдены столь короткія времена обращенія. Отсюда слѣдуетъ заключить, что системы такого ненормальнаго характера, гдѣ вокругъ солнца обращается темная планета, почти такой же величины, какъ и само солнце, возможны только при томъ условіи, что спутникъ находится къ послѣднему необычайно близко и потому долженъ обращаться вокругъ него съ большою скоростью. Но вполнѣ возможно, что при дальнѣйшемъ изученіи свѣтовыхъ отношеній неподвижныхъ звѣздъ будетъ открыто еще много звѣздъ типа Альголя, которыя въ болѣе значительные періоды претерпѣваютъ меньшія колебанія свѣта, чѣмъ наблюденныя до сихъ поръ, и это покажетъ, что существуютъ тѣла, которыя по своему характеру гораздо ближе подходятъ къ нашимъ планетамъ. Въ виду этого желательны постоянныя фотометрическія изслѣдованія всѣхъ двойныхъ звѣздъ, въ которыхъ спутникъ обращается по значительно наклоненной орбитѣ, какъ напр., γ въ Сѣверной коронѣ, ζ въ Геркулесѣ, въ красивой двойной звѣздѣ γ Дѣвы и въ нѣкоторыхъ другихъ. Уже наблюдались покрытія обоихъ свѣтлыхъ составляющихъ этихъ звѣздъ. Было бы прекраснымъ подтвержденіемъ изложенныхъ выше взглядовъ, если бы на

тѣхъ именно свѣтилахъ, гдѣ можно предполагать существованіе планетъ и извѣстно положеніе орбитъ послѣднихъ, удалось подмѣтить колебанія свѣта, свидѣтельствующія о дѣйствительномъ существованіи этихъ планетъ.

Звѣзды типа Альголя имѣютъ еще другія общія черты, которыя особенно отличаютъ ихъ отъ перемѣнныхъ звѣздъ второго и третьяго класса: онѣ всѣ бѣлыя или желтовато-бѣлыя; между ними нѣтъ ни одной красной звѣзды. Слѣдовательно, онѣ принадлежатъ или къ звѣздамъ типа солнца или, главнымъ образомъ, къ звѣздамъ, находящимся въ еще болѣе ранней ступени своего развитія. Итакъ, стадія необычайно большихъ спутниковъ, которые обращаются на очень маломъ разстояніи отъ главной звѣзды, принадлежитъ къ наиболѣе раннимъ періодамъ жизни солнцъ.

Понятно, что въ системѣ, въ которой, какъ въ звѣздахъ типа Альголя, два свѣтила почти одинаковой величины находятся очень близко другъ къ другу, должны существовать между послѣдними совсѣмъ своеобразныя отношенія, для которыхъ нѣтъ аналогій въ солнечной системѣ. Прежде всего особенности должны сказаться въ дѣйствіи взаимнаго притяженія. Особенно же въ колоссальныхъ, трудно вообразимыхъ для насъ размѣрахъ должно происходить одно явленіе, именно явленіе приливовъ и отливовъ, которые у насъ на землѣ вызываются спеціальнымъ дѣйствіемъ силы притяженія, оказываемымъ луной на водную и воздушную оболочку земли, помимо общаго дѣйствія на земной шаръ. Громадныя волны прилива, вѣроятно, обѣгаютъ оба данныя тѣла въ то же самое время, какое нужно этимъ тѣламъ для обращенія вокругъ общаго центра тяжести. Въ результатѣ должны происходить громадныя колебанія во внутренней дѣятельности этихъ солнцъ, оказывающія вліяніе на ихъ излученіе. Поэтому было бы вполнѣ понятно, если бы звѣзды типа Альголя и внѣ періода затменій также оказались перемѣнными. Въ виду этого Пласманъ рекомендуетъ непрерывно слѣдить за этими звѣздами и въ тѣ періоды, когда свѣтъ ихъ кажется равномѣрнымъ. Самъ онъ произвелъ такія наблюденія надъ Альголемъ. Дѣйствительно, онъ нашелъ равномѣрно повторяющееся ослабленіе свѣта, хотя и незначительное, такъ называемый вторичный минимумъ, наступающій приблизительно черезъ двадцать часовъ послѣ главнаго минимума. Можетъ быть здѣсь мы наблюдаемъ слѣды предполагаемой волны прилива.



Кривыя измѣненія блеска перемѣнныхъ звѣздъ: 1) Альголя, 2) δ Cephei, 3) β Lyrae.

Въ слѣдующемъ за типомъ Альголя классѣ перемѣнныхъ звѣздъ мы, несомнѣнно, имѣемъ дѣло также съ круговыми движеніями яркихъ и менѣе яркихъ свѣтилъ, хотя здѣсь отношенія сложнѣе и въ большинствѣ случаевъ еще не вполнѣ выяснены. Этотъ классъ также не многочисленъ и также заключаетъ только бѣлыя и желтоватыя звѣзды; періодъ измѣненія ихъ блеска, какъ и въ типѣ Альголя, вполнѣ постоянный, но только продолжается нѣсколько дней. Разница этихъ обоихъ классовъ перемѣнныхъ звѣздъ выражается исключительно въ формѣ кривой, показывающей измѣненіе блеска: въ звѣздахъ второго класса измѣненіе блеска растягивается на весь періодъ; онѣ не остаются, какъ звѣзды типа Альголя, постоянными въ теченіе бо́льшей части періода, быстро ослабѣвая до минимума. Здѣсь обыкновенно обѣ части кривой до и послѣ минимума не

равны, но усиленіе яркости наступаетъ значительно быстрѣе, чѣмъ идетъ ослабленіе отъ максимума до слѣдующаго минимума; нѣкоторыя также обнаруживаютъ ясно выраженные вторичные минимумы. Изображенныя на стр. 405 кривыя могутъ легко разъяснить сказанное. Первая относится къ типу Альголя, вторая принадлежитъ типичной звѣздѣ второй группы δ Cephei, третья—много разъ уже названной β Lyrae.

Періодъ δ Cephei равенъ 5д 8ч 47м 40с.; онъ вполнѣ постояненъ. Съ 1784 г. не обнаруживается и слѣда какого либо медленнаго измѣненія этого періода, какъ мы замѣтили у Альголя. Блескъ звѣздъ мѣняется между 3,7 и 4,9 величинами; онъ усиливается отъ минимума до максимума въ 1 сутки и 15 часовъ, тогда какъ ослабленіе обратно къ минимуму продолжается 3 сутокъ и 18 часовъ. Спектроскопическія изслѣдованія Бѣлопольскаго показали, что звѣзда совершаетъ одно обращеніе какъ разъ въ то самое время, въ какое совершается измѣненіе ея блеска. Ея орбита только въ $3^1/_2$ раза больше орбиты нашей луны (2.730,000 клм.). Изъ другихъ соображеній вытекаетъ, что загадочная звѣздная пара должна быть сравнительно очень мала: ея общая масса приблизительно только въ три раза больше массы Юпитера. Если эти еще не вполнѣ достовѣрные результаты подтвердятся, то окажется, что мы здѣсь дошли до солнцъ, которыя по своей величинѣ принадлежатъ къ категоріи нашихъ планетъ, т. е. являются какъ бы свѣтилами второго порядка. Однако, описанный характеръ измѣненія блеска нельзя объяснить просто прохожденіемъ темнаго тѣла. Непонятно, какимъ образомъ темный спутникъ можетъ постоянно находиться передъ блестящею звѣздою, такъ какъ, вѣдь, наблюдается постоянное измѣненіе блеска. Также непонятно, почему темный спутникъ сдвигается съ блестящей звѣзды гораздо быстрѣе, чѣмъ надвигается. Быть можетъ, здѣсь измѣненія свѣта вызываются явленіями приливовъ, при чемъ одинъ или нѣсколько близкихъ спутниковъ могутъ вовсе и не становиться въ такое положеніе, чтобы произвести затменіе: напр., если плоскость ихъ орбиты не проходитъ какъ разъ между нами и главной звѣздой, или если они и сами самосвѣтящіяся тѣла. Конечно, въ послѣднемъ случаѣ должно было бы происходить удвоеніе спектральныхъ линій; но оно можетъ быть и незамѣтнымъ, если наклонъ орбиты таковъ, что разстояніе обращающагося тѣла отъ насъ измѣняется незначительно.

Еще болѣе сложныя отношенія представляетъ β Lyrae. Звѣзда, какъ это видно на кривой измѣненія ея блеска, представляетъ два минимума и два максимума. Весь періодъ обнимаетъ 12 сутокъ 22 часа; во время наибольшаго блеска это звѣзда 3,4 величины. Въ теченіе 3 сутокъ 8 часовъ она ослабѣваетъ сначала на половину звѣздной величины; затѣмъ въ теченіе 3 сутокъ 3 часовъ ея яркость опять поднимается до прежней максимальной величины. Въ слѣдующіе 3 дня 9 часовъ ея яркость убываетъ еще разъ настолько же, какъ и въ предыдущій минимумъ, т. е. до 4,5 величины, и наконецъ, черезъ 3 дня 2 часа, опять поднимается до прежняго максимума. Такъ повторяется смѣна яркости съ величайшею правильностью: максимумы всегда одинаковы, тогда какъ минимумы мѣняются по величинѣ. Промежутки между этими усиленіями и ослабленіями блеска также почти одинаковы, и никогда во весь періодъ нельзя замѣтить устойчиваго состоянія, т. е. постоянной силы свѣта. Тотъ же пулковскій астрофизикъ Бѣлопольскій сдѣлалъ тщательное спектроскопическое изслѣдованіе этой звѣзды и вывелъ изъ него своеобразныя заключенія, которыя, какъ и надо было ждать, показали, что природа этой замѣчательной звѣзды еще сложнѣе, на что указывалъ уже и Фогель. Только съ одной звѣздой, γ Кассіопеи, раздѣляетъ она ту особенность, что въ спектрѣ, кромѣ темныхъ линій, имѣетъ не только свѣтлыя линіи водорода, но также еще свѣтлую линію D_3

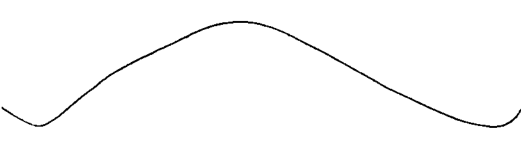
гелія (спектральный классъ I c. см. стр. 330). Онѣ обнаруживаютъ смѣщенія, которыя происходятъ одновременно съ измѣненіемъ свѣта, и на основаніи которыхъ можно заключить, что орбита звѣздъ приблизительно равна 3.000,000 клм.

Но смѣщеніе въ спектрахъ звѣздъ происходитъ только для группъ свѣтлыхъ линій. Чтобы объяснить это, необходимо предположить, что обѣ звѣзды — самосвѣтящіяся, но одна, неподвижная, даетъ только темныя спектральныя линіи, тогда какъ свѣтлыя линіи происходятъ отъ движущагося свѣтила. Ослабленіе свѣта можетъ происходить отъ того, что иногда свѣтъ идетъ отъ обоихъ свѣтилъ сразу, когда же одно свѣтило закрываетъ другое, тогда свѣтъ идетъ только отъ одного изъ нихъ. Но Фогель подвергаетъ сомнѣнію это объясненіе своеобразнаго смѣщенія свѣтлыхъ водородныхъ линій, хотя самъ, какъ и Бѣлопольскій, нашелъ то же самое. При прохожденіи звѣзды черезъ линію нашего зрѣнія, когда вслѣдствіе закрытія другою звѣздой наступаетъ минимумъ блеска, обѣ звѣзды, несомнѣнно, должны двигаться перпендикулярно къ лучу зрѣнія, и тогда ихъ движеніе по орбитѣ происходитъ такимъ образомъ, что разстояніе отъ насъ не измѣняется. Поэтому, какъ темныя, такъ и свѣтлыя линіи во время минимума блеска звѣзды должны быть въ ихъ нормальномъ положеніи. Во время же наибольшаго блеска онѣ должны быть всего болѣе раздвинуты относительно другъ друга. Однако, на дѣлѣ происходитъ какъ разъ обратное. Точно также относительное положеніе линіи D_3 совершенно иное, чѣмъ положеніе свѣтлыхъ водородныхъ линій. Хотя здѣсь движенія должны совершаться очень равномѣрно, однако, повидимому, система β Lyrae обнаруживаетъ особенности, природа которыхъ пока еще остается недоступна нашему изслѣдованію.

Цёльнеръ и Пикерингъ дали для перемѣнныхъ звѣздъ этого класса объясненіе, которое было также удовлетворительнымъ для β Lyrae и δ Cephei, пока не принимали въ разсчетъ приведенныхъ выше спектроскопическихъ изслѣдованій. Именно, они допускали, что разсматриваемыя здѣсь солнца уже вступили въ стадію значительнаго охлажденія, такъ что на ихъ поверхностяхъ находятся очень обширныя области, покрытыя темными массами. Такъ какъ мы можемъ предположить, что эти свѣтила, какъ и всѣ другія, изслѣдованныя въ этомъ отношеніи, вращаются вокругъ своихъ осей, то черезъ правильные промежутки времени они должны обращать къ намъ то свѣтлую, то темную сторону, если распредѣленіе этихъ массъ по ихъ поверхности неравномѣрно. Малыя колебанія въ періодѣ измѣненія блеска легко объяснить тѣмъ, что пятна эти не имѣютъ постояннаго положенія на поверхности звѣзды, но, подобно красному пятну на Юпитерѣ или группамъ солнечныхъ пятенъ, имѣютъ собственныя движенія по поверхности свѣтила. Можетъ быть, это объясненіе примѣнимо для множества звѣздъ, которыя относятся къ этому классу перемѣнныхъ. Но тогда очень страннымъ является то обстоятельство, что какъ разъ среди этихъ звѣздъ съ малыми періодами почти совсѣмъ нѣтъ звѣздъ краснаго цвѣта, тогда какъ красную окраску мы считаемъ яснымъ признакомъ значительнаго охлажденія. Образованію шлаковъ необходимо должно предшествовать состояніе краснаго каленія. За то въ слѣдующихъ классахъ мы находимъ почти исключительно красныя звѣзды. Слѣдовательно, для нихъ объясненіе Цёльнера и Пикеринга было бы болѣе подходящимъ, если бы эти звѣзды не имѣли столь длинныхъ періодовъ измѣненія своего блеска.

Во всякомъ случаѣ спектроскопически наблюденныя движенія нельзя объяснить этой гипотезой, развѣ только сдѣлавъ невѣроятное допущеніе, что эти солнца имѣютъ такую величину, какъ орбиты загадочнаго спутника, найденныя спектроскопическимъ путемъ, т. е. что точка на поверхности этихъ солнцъ описываетъ вслѣдствіе вращенія одну изъ орбитъ,

опредѣленныхъ на основаніи смѣщенія линій. Тогда, вслѣдствіе неравнаго распредѣленія темныхъ массъ, можетъ наступить такой случай, что въ извѣстное время къ намъ будутъ доходить главнымъ образомъ лучи отъ той части гигантскаго свѣтила, которая при своемъ вращеніи движется къ намъ, другая же часть свѣтила будетъ вся темная. По истеченіи полъоборота отношенія измѣнятся. Слѣдовательно, линіи должны сдвигаться то въ ту, то въ другую сторону, и періодъ ихъ смѣщеній долженъ согласоваться съ періодомъ измѣненія блеска. Вторичные неравные минимумы, какъ напр. у β Lyrae, объяснятся также, если представить, что на поверхности распредѣлены большія и малыя области, покрытыя шлаками. Этимъ путемъ также легко объяснилось бы недостаточное совпаденіе соотвѣтственныхъ линій съ нормальнымъ положеніемъ ихъ во время минимума. Правда, пришлось бы во всякомъ случаѣ допустить существованіе второго свѣтила, дающаго линіи поглощенія, такъ какъ онѣ не принимаютъ участія въ движеніяхъ свѣтлыхъ линій. Однако, желтовато-бѣлый свѣтъ этой красивой звѣзды, какъ мы уже сказали, дѣлаетъ невѣроятнымъ такое объясненіе. Линія гелія, свидѣтельствующая объ очень значительной атмосферѣ, указываетъ на то, что звѣзда находится скорѣе въ очень ранней, а не въ позднѣйшей стадіи развитія. Только будущія изслѣдованія прольютъ свѣтъ на этотъ вопросъ *).



Кривая измѣненія блеска перемѣнной звѣзды o Ceti (Мира).

Перемѣнныя звѣзды третьяго класса Пикеринга не представляютъ чего либо особеннаго. Къ этому классу отнесены всѣ звѣзды, для которыхъ несомнѣнно установлена измѣняемость блеска, но не открыто какой либо правильности въ этомъ отношеніи и потому въ настоящее время нельзя установить для нихъ законовъ, а также сдѣлать вѣроятныя заключенія о причинахъ измѣненія блеска. Безъ сомнѣнія, съ дальнѣйшимъ развитіемъ изслѣдованій изъ этого класса все болѣе и болѣе звѣздъ будетъ выдѣлено въ другіе классы, Представительницей этого класса въ большинствѣ случаевъ называютъ α Кассіопеи, которая въ неопредѣленные промежутки времени измѣняетъ свой свѣтъ между 2,2 и 2,8 величинами. Это—красная звѣзда. Сюда же принадлежитъ также красная Бетейгейзе, главная звѣзда въ Оріонѣ; она неправильно измѣняетъ свой блескъ отъ 1,0 до 1,4 величины. Очень страннымъ характеромъ обладаетъ перемѣнная звѣзда U въ Близнецахъ: она излучаетъ большей частью совсѣмъ слабый свѣтъ, какъ звѣзда 13 величины, но затѣмъ можетъ вдругъ увеличиться на три звѣздныхъ класса; это происходитъ иногда въ одинъ день, иногда же въ 10 и 20 дней. Ослабленіе, какъ почти у всѣхъ перемѣнныхъ звѣздъ, не принадлежащихъ къ типу Альголя, происходитъ всегда медленнѣе усиленія. Это бѣлая звѣзда,

Перемѣнныя звѣзды четвертаго класса Пикеринга гораздо многочисленнѣе. Въ настоящее время насчитываютъ ихъ 130. Это такія звѣзды, которыя, хотя не вполнѣ, но довольно правильно, измѣняютъ свой блескъ въ длинные промежутки времени отъ двухъ мѣсяцевъ до нѣсколькихъ лѣтъ. Характерной представительницей ихъ является Мира, — „Чудесная Звѣзда“, какъ ее назвалъ данцигскій ратманъ и астрономъ Гевелій; она находится въ созвѣздіи Кита (o Ceti). Мира—первая перемѣнная звѣзда, открытая еще до изобрѣтенія телескопа Фабриціусомъ

*) Каковы бы ни были новѣйшія открытія, но никогда не удастся прямыми наблюденіями опредѣлить распредѣленіе пятенъ по поверхности звѣздъ при объясненіи измѣненія ихъ блеска. Вопросъ, разсмотрѣнный теоретически, имѣетъ рѣшеніе неопредѣленное.
С. Глазенапъ.

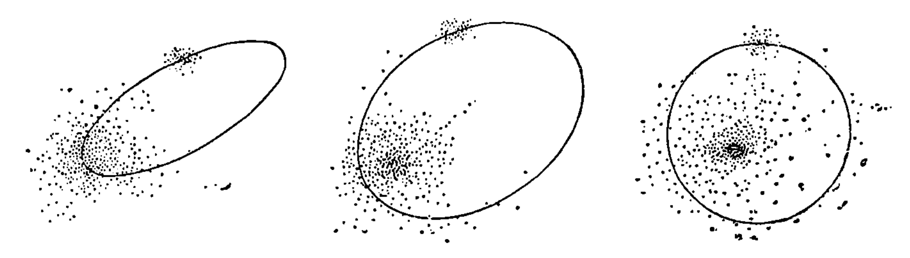
(1596), но только въ 1639 г. Гольварда опредѣлилъ ее, какъ перемѣнную. Она, дѣйствительно, принадлежитъ къ удивительнѣйшимъ свѣтиламъ небеснаго свода. Въ извѣстные періоды это одна изъ самыхъ яркихъ звѣздъ неба; тогда ея блескъ лежитъ между первой и второй величинами. Въ это время она является обычнымъ членомъ въ данномъ созвѣздіи и ея отсутствіе не можетъ остаться незамѣченнымъ. Съ такой яркостью звѣзда остается нѣсколько недѣль, но затѣмъ сила ея свѣта видимо ослабѣваетъ, и черезъ семьдесятъ слишкомъ дней послѣ максимума звѣзда совершенно исчезаетъ для невооруженнаго глаза. Семь мѣсяцевъ она остается невидимой. Съ того момента, какъ она вновь становится видимой для невооруженнаго глаза, до наибольшей яркости протекаетъ только сорокъ дней, т. е. въ среднемъ на одинъ мѣсяцъ меньше, чѣмъ надо было для ея исчезновенія. Весь періодъ обнимаетъ круглымъ числомъ одиннадцать мѣсяцевъ; въ среднемъ изъ длиннаго ряда измѣненій ея блеска Аргеландеръ вывелъ періодъ въ 333,3 дня. Послѣ того какъ Мира исчезаетъ для невооруженнаго глаза, можно еще прослѣдить дальше ослабленіе ея свѣта до 9,5 величины. Но всѣ эти данныя представляютъ только средніе выводы; въ дѣйствительности же длина періода можетъ измѣняться на мѣсяцъ и болѣе, причемъ нельзя указать какой либо закономѣрности, а максимальная яркость иногда возрастаетъ только до пятаго звѣзднаго класса, такъ что звѣзда въ теченіе одного-двухъ лѣтъ остается почти все время невидимой для невооруженнаго глаза.

Остальныя перемѣнныя звѣзды этого класса показываютъ бо̀льшей частью очень значительныя колебанія блеска въ среднемъ отъ пятой до восьмой звѣздной величины. Это соотвѣтствуетъ колебанію напряженности блеска въ 100 — 1500 разъ между тѣмъ и другимъ состояніемъ. Періодъ ихъ не бываетъ меньше 65 дней. Въ большинствѣ случаевъ онъ лежитъ между этимъ низшимъ предѣломъ и 300 днями; 40% звѣздъ имѣютъ періодъ длиннѣе 300 дней, самыми длинными періодами (не говоря объ одной небольшой звѣздѣ въ Стрѣльцѣ, періодъ которой, опредѣленный въ 1456 сутокъ, еще нуждается въ болѣе точномъ изслѣдованіи) обладаютъ двѣ звѣзды въ Вѣсахъ, R и T, именно въ 723 и 725 сутокъ, т. е. почти точно въ два года. Вѣроятно, существуютъ перемѣнныя звѣзды съ еще болѣе длинными періодами, только ихъ труднѣе розыскать.

Слѣдующею общею чертою этихъ звѣздъ является ихъ красный цвѣтъ, который имъ свойственъ почти всѣмъ. Если исключить звѣзды, цвѣтъ которыхъ нельзя было установить точно или вслѣдствіе незначительной силы блеска звѣзды, или по другимъ причинамъ, то останется 98 звѣздъ, между которыми только 2 — 3 совершенно бѣлыхъ, одна или двѣ желтоватобѣлыя; далѣе насчитываютъ 6 желтыхъ, 28 съ оттѣнкомъ между желтымъ и краснымъ и 59 совершенно красныхъ. Зеленыхъ или синихъ между перемѣнными звѣздами нѣтъ.

Если мы будемъ искать причину описанныхъ явленій, то съ одной стороны замѣтное преобладаніе краснаго цвѣта, а съ другой только приблизительно постоянная длина періодовъ находятъ себѣ объясненіе, если допустить, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ процессами физическаго характера, а не съ движеніями, какъ при звѣздахъ класса Альголя или класса *δ* Cephei; движенія могутъ имѣть здѣсь только очень второстепенное значеніе. Эти оба рода небесныхъ свѣтилъ подведены подъ одну рубрику только ради случайнаго сходства во внѣшнихъ чертахъ, благодаря которымъ они стали намъ извѣстны. На самомъ дѣлѣ, какъ по причинѣ измѣненія блеска, такъ и по общему характеру, ихъ надо помѣстить въ совершенно иную категорію міровыхъ свѣтилъ. Звѣзды типа Альголя обнаруживаютъ признаки молодыхъ небесныхъ свѣтилъ съ блестящимъ бѣлымъ свѣтомъ, вокругъ которыхъ группируются планеты; звѣзды же, родственныя

Мирѣ, суть старѣющіяся свѣтила, свѣтъ которыхъ, часто уже достигшій послѣднихъ предѣловъ спектра, иногда тускнѣетъ, но затѣмъ онъ всегда возстановляется. Для объясненія измѣненія ихъ блеска обратились къ процессамъ, происходящимъ на нашемъ солнцѣ. Мы знаемъ, что солнце также не сохраняетъ въ точности одиннадцатилѣтняго періода максимума пятенъ Если представить себѣ, что этотъ процессъ, который, правда, въ настоящее время еще не уменьшилъ замѣтно лучистой энергіи нашего дневного свѣтила, соотвѣтственно усилился,—съ теченіемъ времени это должно навѣрное произойти,—то солнце приметъ вполнѣ характеръ звѣзды Миры. Естественнымъ слѣдствіемъ усиленія солнечной дѣятельности было бы также укороченіе періода пятенъ. Объясненіе, данное для звѣздъ типа δ Cephei, можно съ бо̀льшимъ успѣхомъ, чѣмъ тамъ, примѣнить для звѣздъ типа Миры, ибо на этихъ красныхъ звѣздахъ образованіе шлаковъ гораздо вѣроятнѣе, чѣмъ на большинствѣ звѣздъ съ короткимъ періодомъ. Солнце обращается вокругъ оси круглымъ числомъ въ 25 сутокъ; теоретически доказано, что въ системахъ, гдѣ нѣсколько свѣтилъ движутся другъ около друга, движеніе свѣтилъ вокругъ оси постоянно должно замедляться и становиться равнымъ времени обращенія соотвѣтственной планеты. Старыя



Объясненіе явленія перемѣнныхъ звѣздъ типа Миры метеорными роями, по Локіеру.

солнца должны, слѣдовательно, вращаться медленнѣе молодыхъ, и если мы встрѣчаемъ время вращенія въ три или четыре раза больше времени вращенія нашего солнца, то этого нельзя считать ненормальнымъ для красныхъ солнцъ. Такимъ образомъ перемѣнныя звѣзды съ періодомъ въ три или четыре мѣсяца могли бы найти себѣ объясненіе.

Наконецъ, въ послѣднее время Локіеръ (Lockyer) сдѣлалъ попытку дать еще другое объясненіе. Онъ считаетъ перемѣнныя звѣзды этого класса не отдѣльными свѣтилами, но цѣлыми роями метеоритовъ, которые сами по себѣ суть темныя тѣла, но вслѣдствіе постоянныхъ столкновеній между собою свѣтятся. Если подобное облако движется вокругъ другого такимъ образомъ, что по временамъ можетъ проникать въ него, какъ это изображено на прилагаемомъ рисункѣ, то иногда столкновенія должны происходить чаще, а затѣмъ снова становиться рѣже. Двойное облако, которое намъ кажется только точкой, при этомъ періодически усиливаетъ свой блескъ. Усиленіе блеска должно, — какъ это и показываютъ наблюденія, — совершаться здѣсь быстрѣе, чѣмъ ослабленіе, такъ какъ тѣла при столкновеніи раскаляются быстро, но охлаждаются всегда медленно. Конечно, въ данномъ случаѣ мы не должны непремѣнно представлять себѣ столь же малые метеориты, какіе встрѣчаются землею на ея пути. Цѣлыя звѣздныя кучи могутъ и должны также когда нибудь охладиться и образовать рои метеоритовъ громадныхъ размѣровъ. Съ другой стороны нужно допустить, что въ звѣздныхъ кучахъ солнца въ среднемъ значительно меньшихъ размѣровъ, чѣмъ отдѣльно стоящія солнца въ родѣ нашего. Наравномѣрность періодовъ также хорошо объясняется гипотезой Локіера, такъ какъ движенія въ подобныхъ сложныхъ

кучахъ и распредѣленіе въ нихъ тѣлъ могутъ подвергаться колебаніямъ, не поддающимся разсчету, какъ можно судить по нашему рисунку. Въ связь съ этимъ воззрѣніемъ можно привести и тотъ фактъ, что перемѣнныя звѣзды разсмотрѣннаго класса особенно часто встрѣчаются въ тѣсныхъ звѣздныхъ кучахъ. Пикерингъ на своихъ многочисленныхъ фотографическихъ снимкахъ нашелъ, напр., въ кучѣ Месье 3 (Гончія Собаки) среди нѣсколькихъ тысячъ звѣздъ, заключающихся въ ней, 87 перемѣнныхъ, въ кучѣ Мессье 5 изъ 750 звѣздъ 46 перемѣнныхъ. Здѣсь, повидимому, міровыя тѣла скучиваются такъ близко другъ къ другу, что столкновеніе становится неизбѣжнымъ.

Наша земля есть также перемѣнная звѣзда этого класса въ смыслѣ Локіера. Когда на ея пути встрѣчаются рои падающихъ звѣздъ, о которыхъ мы говорили раньше (см. стр. 258), то ея атмосфера начинаетъ свѣтиться. Сначала совершенно темная со стороны, не освѣщаемой солнцемъ, она начинаетъ сіять при этомъ собственнымъ свѣтомъ, правда, очень слабымъ, но измѣняющимся періодически. Она показываетъ и вторичные максимумы, которые вызываются въ теченіе года различными періодическими роями метеоритовъ. Надо только усилить въ тысячи разъ это явленіе, совершающееся въ непосредственной близи отъ насъ, чтобы понять то явленіе, какое даютъ намъ звѣзды типа Миры.

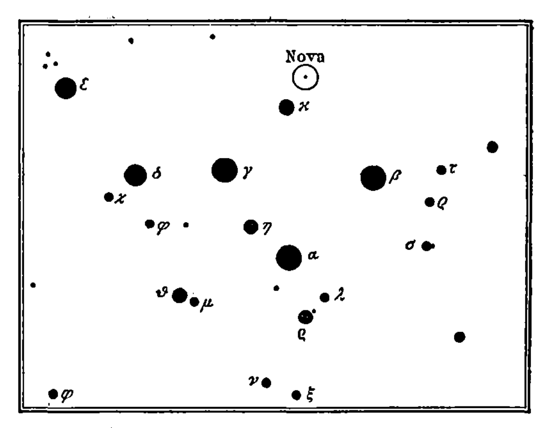
Дѣйствительно, мы въ правѣ, думать, что темныя массы, которыя мы встрѣчаемъ иногда, и которыя какъ бы безъ цѣли и порядка блуждаютъ въ пространствѣ, играютъ болѣе значительную роль въ міровой жизни, чѣмъ это имъ до сихъ поръ приписывалось; только мы почти вовсе не имѣемъ возможности изучать ихъ. Однако, различные изслѣдователи, какъ Локіеръ и Норденшильдъ, впадаютъ уже въ большую крайность при оцѣнкѣ ихъ значенія, полагая, что земля и всѣ остальныя небесныя свѣтила произошли изъ метеоритовъ, Мы возвратимся къ этому вопросу въ концѣ 2 части. Но и въ данномъ случаѣ, при разсмотрѣніи звѣздъ типа Миры, мы не сдѣлаемъ ошибки, если для объясненія нѣкоторой части ихъ примемъ метеорную гипотезу, другую часть станемъ объяснять пятнами на подобіе солнечныхъ, третью — образованіемъ шлаковъ. Какъ при подробномъ изученіи оказалось необходимымъ подраздѣлить звѣзды на спектральные классы, точно также придется сдѣлать и съ классами Пикеринга для перемѣнныхъ звѣздъ. Изученіе перемѣнныхъ звѣздъ еще слишкомъ ново: въ срединѣ нашего столѣтія ихъ знали не больше 40; Аргеландеръ первый вызвалъ интересъ къ этимъ своеобразнымъ небеснымъ свѣтиламъ, къ нему примкнули Шёнфельдъ и Виннеке, составившіе себѣ извѣстность въ этомъ направленіи. Каталогъ перемѣнныхъ звѣздъ, изданный въ шестидесятыхъ годахъ двумя послѣдними изслѣдователями, содержитъ уже 126 номеровъ, въ настоящее же время извѣстно 400 перемѣнныхъ звѣздъ. При такой массѣ свѣтилъ, которыя требуютъ почти постояннаго наблюденія, очень важно, чтобы въ этой благодарной области нашей науки принялъ участіе наиболѣе широкій кругъ изслѣдователей*).

Между звѣздами типа Миры и временными или новыми звѣздами существуетъ вѣроятно только количественная разница. Въ началѣ, когда Мира въ первый разъ вышла изъ фазы невидимости и затѣмъ снова исчезла, ее вполнѣ можно было бы принять за новую звѣзду. Но эта количественная разница, несомнѣнно, очень значительна, о промежуточныхъ же членахъ мы пока еще ничего не знаемъ.

---

*) Въ наблюденіяхъ надъ измѣненіемъ блеска перемѣнныхъ звѣздъ могутъ принимать участіе и не спеціалисты, а любители и друзья астрономіи; во многихъ случаяхъ достаточно бинокля, звѣздной карты и часовъ. Правила для наблюденія перемѣнныхъ звѣздъ можно найти въ первомъ томѣ „Извѣстій Русскаго Астрономическаго Общества“, а также въ книгѣ К. Д. Покровскаго „Путеводитель по небу“ *С. Глазенапъ.*

Самое величественное появленіе новой звѣзды наблюдалось въ 1572 году; оно обратило на себя вниманіе и вызвало изумленіе всего образованнаго міра. Свѣтило внезапно вспыхнуло въ началѣ ноября этого года въ созвѣздіи Кассіопеи. 8 ноября Корнеліусъ Гемма наблюдалъ эту область, не замѣтивъ ничего особеннаго; на слѣдующій день здѣсь оказалась звѣзда и при томъ сразу въ своемъ наибольшемъ блескѣ, который далеко превосходилъ блескъ всѣхъ остальныхъ неподвижныхъ звѣздъ, и съ которымъ равнялся только блескъ Венеры во время ея наибольшей яркости; эта удивительная звѣзда даже въ ясный полдень была видима (конечно, невооруженнымъ глазомъ, такъ какъ телескопъ тогда еще не былъ изобрѣтенъ). Тихо Браге, знаменитѣйшій астрономъ того времени, увидѣлъ ее въ первый разъ 11 ноября и очень тщательно прослѣдилъ всѣ фазы измѣненія ея блеска. При помощи превосходныхъ для своего времени инструментовъ на своей обсерваторіи онъ измѣрилъ также положеніе этой звѣзды относительно сосѣднихъ звѣздъ; оно оставалось неизмѣннымъ. Какое впечатлѣніе произвело это удивительное явленіе, показываютъ слѣдующія слова Тихо: „когда я въ открытомъ мѣстѣ направилъ привычный взглядъ на хорошо мнѣ знакомый небесный сводъ, то къ неописуемому изумленію увидѣлъ около зенита въ Кассіопеѣ блестящую неподвижную звѣзду невиданной дотолѣ величины. Въ волненіи я не рѣшался вѣрить своимъ чувствамъ. Желая убѣдиться, что это не обманъ, и желая собрать свидѣтельства другихъ, я вызвалъ изъ лабораторіи моихъ помощниковъ и опрашивалъ всѣхъ проходившихъ мимо крестьянъ, видятъ ли и они, подобно мнѣ, внезапно появившуюся звѣзду“.



Положеніе звѣзды Тихо 1572 г. (Nova Cassiopejae).

Сначала эта новая звѣзда, которую обыкновенно называютъ звѣздой Тихо, сохраняла въ теченіе нѣсколькихъ недѣль свой великолѣпный блескъ, но уже въ мартѣ слѣдующаго 1573 года, т. е. черезъ четыре мѣсяца послѣ появленія, она ослабѣла до обыкновенной звѣзды первой величины. Тогда какъ при своемъ первомъ появленіи она была блестяще бѣлою, теперь, по свидѣтельству всѣхъ видѣвшихъ ее, по мѣрѣ того какъ она становилась слабѣе, она принимала все болѣе и болѣе красноватую окраску. Въ маѣ она была еще 2—3 величины, но въ это время, какъ разсказываютъ, опять приняла болѣе блѣдную (т. е. менѣе красную) окраску. Можетъ быть, здѣсь произошло вторичное слабое вспыхиваніе. Въ ноябрѣ, т. е. черезъ годъ послѣ ея появленія, она была едва видна, а въ мартѣ 1574 года она совершенно исчезла для невооруженнаго глаза.

Какъ выше сказано, Тихо опредѣлилъ мѣсто свѣтила, поэтому вполнѣ возможно было подойти къ рѣшенію вопроса, нельзя ли и въ настоящее время при помощи нашихъ телескоповъ съ большою проницающею силою различить на мѣстѣ этой звѣзды хотя слабое ея мерцаніе. Дѣйствительно, вблизи мѣста, указаннаго этими старыми наблюденіями, находится звѣздочка 11 величины; возможно, хотя и нѣтъ полной увѣренности въ этомъ, что она тождественна со звѣздой Тихо. Во всякомъ случаѣ мы имѣемъ передъ собою изумительный фактъ: внезапно, менѣе чѣмъ въ одинъ день, небесное свѣтило можетъ вспыхнуть и достигнуть яркости, превосходящей всѣ

другія свѣтила, и затѣмъ очень медленно исчезнуть. Кривая измѣненія ея блеска по обѣ стороны отъ единственнаго максимума показываетъ, — правда въ крайнихъ отношеніяхъ, — тотъ же характеръ, что и кривая перемѣнныхъ звѣздъ съ большимъ періодомъ: быстрое повышеніе до максимума и болѣе медленное пониженіе. Красный цвѣтъ, появившійся позднѣе, также указываетъ на родство обоихъ родовъ явленій.

Всѣ остальныя новыя звѣзды, представляющія вообще наиболѣе рѣдкія явленія звѣзднаго неба, отличаются подобными же признаками. Поэтому является естественный вопросъ, не указываютъ ли крайнія отношенія кривыхъ свѣтимости на такія же крайности въ характерѣ ихъ періодовъ, можетъ быть обнимающихъ столько же лѣтъ, сколько дней нужно для перемѣнныхъ звѣздъ отъ одного максимума до другого. Если бы звѣзда Тихо вспыхивала уже раньше, въ историческій періодъ, такимъ же блескомъ, то она не могла бы ускользнуть отъ вниманія человѣчества, и тогда лѣтописи дали бы намъ разрѣшеніе этого вопроса. Появленія необычайно блестящихъ свѣтилъ, которыя постепенно блѣднѣли и потомъ опять исчезали, упоминаются въ десяти или двѣнадцати случаяхъ уже до звѣзды Тихо. Однако, не всегда есть увѣренность, что рѣчь идетъ о неподвижной звѣздѣ, такъ какъ характерный признакъ ея, неизмѣнность мѣста, отмѣчается не достаточно ясно. Можетъ быть, здѣсь мы имѣемъ дѣло съ появленіемъ яркихъ кометъ.

Наиболѣе тщательными и ясными, а также и наиболѣе древними свидѣтельствами являются и здѣсь китайскія лѣтописи. Онѣ представляютъ настоящую сокровищницу астрономическихъ записей, тогда какъ средневѣковыя лѣтописи европейскихъ культурныхъ странъ полны неясностей и противорѣчій. Первая изъ этихъ новыхъ звѣздъ, указанная въ историческихъ книгахъ Ма-Туан-Линъ, относится къ 134 г. до Р. Х. Она появилась между звѣздами β и ϱ въ Скорпіонѣ. Вѣроятно, это та самая звѣзда, которая, по разсказу Плинія, заставила Гиппарха взяться за изготовленіе звѣзднаго каталога, съ тою цѣлью, чтобы впослѣдствіи можно было знать, какъ часто появляются такія новыя звѣзды. Названный китайскій историкъ указываетъ еще появленіе новыхъ звѣздъ въ слѣдующіе годы: 123, 173, 386, 393, 1011, 1203, 1230 гг. послѣ Р Х. О звѣздѣ 173 г., появившейся между α и β Centauri, въ Ма-Туан-Линъ говорится вполнѣ опредѣленно: „Звѣзда исчезла черезъ восемь мѣсяцевъ, принявши одинъ за другимъ пять цвѣтовъ“. Эти пять цвѣтовъ по опредѣленію китайца: бѣлый, синій, желтый, красный и черный. Слѣдовательно, въ этомъ отношеніи сказывается чрезвычайное сходство ея со звѣздой Тихо. Но такъ какъ мѣсто всѣхъ новыхъ звѣздъ, приведенныхъ въ китайскихъ лѣтописяхъ, опредѣлено точно, то оказывается, что здѣсь не можетъ быть и рѣчи о второмъ появленіи звѣзды „Nova 1572“.

Въ лѣтописяхъ западныхъ странъ упоминаются только два или три явленія, которыя съ нѣкоторой увѣренностью можно отнести къ новымъ звѣздамъ: одна вспыхнула въ 9 столѣтіи (годъ не извѣстенъ точно, вѣроятно 827) въ Скорпіонѣ и была видима въ теченіе четырехъ мѣсяцевъ; другая появилась въ 1245 г. въ Козерогѣ. Остается еще нѣсколько сомнительныхъ извѣстій, въ которыхъ не указано мѣсто звѣзды; эти случаи съ весьма малою вѣроятностью можно считать однимъ изъ появленій звѣзды Тихо. Къ нимъ относятся звѣзды 1264 и 945 гг. Между обѣими лежитъ промежутокъ въ 319 лѣтъ; между 1264 и 1572 гг. лежатъ 308 лѣтъ; съ другой стороны между Р. Х. и 945 г. протекло трижды 315 лѣтъ. Слѣдовательно, если Виѳлеемская звѣзда, которая по Священному Писанію вела мудрецовъ съ востока въ Виѳлеемъ, была новой звѣздой въ нашемъ смыслѣ, то есть слабая вѣроятность въ пользу того, что она, такъ же какъ и звѣзды 945 и 1264 гг., тождественна со звѣздою Тихо. Въ такомъ случаѣ мы

имѣли бы звѣзду съ періодомъ въ 310—320 лѣтъ, и могли бы заключить, что она снова должна вспыхнуть въ ближайшіе годы. Къ сожалѣнію, однако, эта надежда основана на очень шаткой почвѣ. Во всякомъ случаѣ попытка объяснить явленіе этой новой звѣзды измѣненіемъ ея блеска въ длинные періоды окончилась неудачей. То же самое можно сказать о всѣхъ другихъ появившихся позднѣе временныхъ звѣздахъ, развѣ только за единственнымъ исключеніемъ. Именно, по китайскимъ лѣтописямъ, 1 іюля 1584 г. около π Скорпіона появилась новая звѣзда, которая вслѣдствіе своего южнаго положенія могла быть не замѣчена западными астрономами. Среди приведенныхъ выше звѣздъ, звѣзды 134 г. до Р. Х., 393, 827 и 1203 гг. послѣ Р. Х. точно также появились въ Скорпіонѣ. Между этими пятью явленіями лежатъ промежутки въ 522, 434, 376 и 381 годъ, которые представляютъ такія же относительныя колебанія, какъ и періоды перемѣнныхъ звѣздъ типа Миры. Нужно ждать, не появится ли опять около 2000 года звѣзда въ Скорпіонѣ, которую можно отожествить съ названными.

Для 17 столѣтія можно назвать четыре новыхъ звѣзды, въ 18 не появилось ни одной, въ первой половинѣ нашего столѣтія только одна, но съ тѣхъ поръ число ихъ значительно увеличивается, благодаря болѣе тщательнымъ наблюденіямъ надъ небеснымъ сводомъ, а въ послѣднее время также благодаря фотографіи.

Изъ прежнихъ появленій особенно интересно появленіе звѣзды 1600 года въ томъ отношеніи, что ея яркость, отъ третьяго звѣзднаго класса и ниже, колебалась въ неправильные промежутки. Такъ въ 1621 г. она совершенно исчезла для тогдашнихъ телескоповъ, т. е. во всякомъ случаѣ была меньше 6 величины; въ 1655 г. ее снова увидѣлъ Кассини, какъ звѣзду 3 величины, затѣмъ она вторично исчезла и вновь вспыхнула въ 1655 г., хотя не достигла прежней яркости, и наконецъ поблекла до 6-й величины и съ тѣхъ поръ осталась неизмѣнной. Въ настоящее время эта звѣзда на нашихъ картахъ обозначается какъ 34 Cygni и не обнаруживаетъ никакихъ замѣчательныхъ явленій. Мы увидимъ, что Nova Aurigae 1892 г. представляла подобныя же колебанія блеска, объясненіе которыхъ можно примѣнить и къ звѣздѣ 1600 года.

Въ 1604 г. въ Змѣеносцѣ (Ophiuchus) появилась звѣзда первой величины и черезъ 16 мѣсяцевъ исчезла безслѣдно Кеплеръ посвятилъ ей большое изслѣдованіе, поэтому звѣзда обыкновенно называется его именемъ. Другія новыя звѣзды 17 вѣка падаютъ на 1612 и 1670 гг.; звѣзда первой половины нашего столѣтія относится къ 1848 г. Эта послѣдняя была впервые замѣчена Хайндомъ (Hind) 27 апрѣля, какъ звѣзда 4,5 величины, въ 1850 г она была уже 11 величины, а затѣмъ, повидимому, совсѣмъ исчезла. Первая новая звѣзда, невидимая для невооруженнаго глаза, была открыта въ Скорпіонѣ 21 мая 1860 г. Ауверсомъ (Auwers); въ наибольшемъ блескѣ она была 7 величины,

Но послѣ нея начинается совершенно новая эра въ изслѣдованіи временныхъ звѣздъ, такъ какъ теперь таинственные физическіе процессы, которые, несомнѣнно, обусловливаютъ ихъ появленіе, можно прослѣдить съ помощью спектроскопа. Съ тѣхъ поръ появилось не менѣе пяти новыхъ звѣздъ: въ 1866 г въ Сѣверной Коронѣ, въ 1876—въ Лебедѣ, въ 1885 г.— посреди туманности Андромеды, въ 1892 г. въ Возничемъ и наконецъ въ 1893 г. въ южномъ созвѣздіи Нормы.

Наиболѣе яркая изъ нихъ была первая—1866 года. Къ сожалѣнію, тогда техника спектроскопическихъ наблюденій была еще мало развита, такъ что полученные результаты не могутъ имѣть особеннаго значенія. Ее открылъ 12 мая названнаго года Бирмингэмъ въ Туамѣ въ $11^3/_4$ часа, какъ звѣзду 2—3 величины въ Коронѣ на томъ мѣстѣ, гдѣ въ боннскомъ

каталогѣ значится звѣзда 9—10 величины. Въ ту же ночь между 8 и 11 часами Шмидтъ въ Аѳинахъ наблюдалъ ту же область и не замѣтилъ ничего особеннаго; онъ, навѣрно, увидѣлъ бы неизвѣстное ему свѣтило, которое было ярче 5—6 величины. Отсюда слѣдуетъ, что T Coronae менѣе, чѣмъ въ два часа, усилилась по крайней мѣрѣ на три величины. Она опять очень быстро поблекла, такъ что уже въ концѣ мая вернулась къ своей прежней незначительной яркости, которую и сохраняетъ съ тѣхъ поръ. Спектроскопическія наблюденія Гёггинса и Миллера дали очень

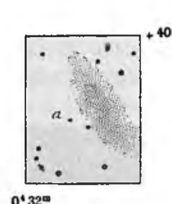


Туманность Андромеды съ новою звѣздою (n) 1885 г., по А. Риккò. a, b и c три неподвижныхъ звѣзды Андромеды. (Ср. верхній рисунокъ на стр. 416.)

важный результатъ, а именно: эта звѣзда, какъ и всѣ слѣдующія новыя („Novae“), за единственнымъ исключеніемъ звѣзды въ туманности Андромеды, представляла въ спектрѣ одновременно свѣтлыя и темныя линіи; первыя отвѣчали отчасти линіямъ водорода.

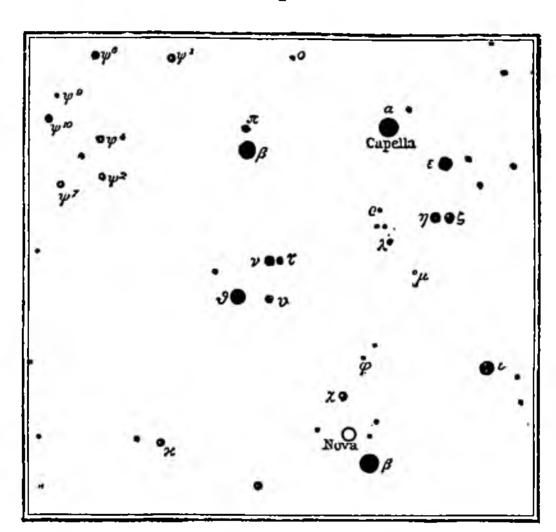
Гораздо подробнѣе можно было изслѣдовать въ этомъ отношеніи звѣзду Nova Cygni 1876 года, которую открылъ Шмидтъ 14 ноября въ видѣ слегка красноватой звѣзды 3—4 величины. Эта звѣзда ослабѣвала сравнительно медленно; въ октябрѣ 1877 г. она была еще 10 величины, въ февралѣ 1878 меньше 11 величины. Тщательныя спектроскопическія изслѣдованія ея были произведены Фогелемъ, Корню, Копеландомъ и Бакгаузомъ. По наблюденіямъ Фогеля, въ спектрѣ звѣзды ясно обозначались свѣтлыя и темныя линіи и полосы, которыя современемъ значительно

измѣнились. Нѣкоторыя свѣтлыя линіи, напр., водородная линія при C, становились постепенно слабѣе и наконецъ совершенно исчезли; но водородная линія F почти не измѣнилась. Другая линія, отвѣчающая длинѣ волны въ 500 или 501, становилась въ то же время все ярче, пока не сдѣлалась самой замѣтной изъ всѣхъ. Она тождественна съ наиболѣе яркою линіей въ спектрѣ неразложимыхъ туманностей. Какъ среднія данныя изъ измѣреній названныхъ изслѣдователей, по Шейнеру, можно установить слѣдующія свѣтлыя линіи: длина волны 658, линія водорода; 594?; 588, линія гелія; 581, типичная для звѣздъ Вольфа-Райэ (Wolf-Rayet); 530, линія хромосферы (корона); 516?; 501, самая яркая линія туманностей; 486, вторая линія туманностей?; 485, линія водорода; 468?; 456?; 451?; 435, линія водорода.



Маленькая карта изъ боннскаго каталога, показывающая положеніе новой звѣзды въ туманности Андромеды, a—неподвижная звѣзда Андромеды. (Ср. рис. на стр. 415.)

Дальнѣйшее наблюденіе спектра ясно показало, что сплошная цвѣтная полоса постепенно блѣднѣла, особенно съ фіолетоваго конца, и въ концѣ концовъ получился спектръ, вполнѣ похожій по внѣшнему виду на спектръ туманныхъ пятенъ. Какъ въ данномъ случаѣ, такъ и въ случаѣ новой звѣзды въ Сѣверной Коронѣ, нельзя было сомнѣваться въ томъ что раскаленные газы того же характера, какъ въ высшихъ слояхъ нашей солнечной атмосферы, а съ другой стороны въ туманностяхъ, играютъ важную роль въ этомъ таинственномъ процессѣ, благодаря которому новыя звѣзды становятся для насъ видимы. Можно представить себѣ, что могучія изверженія изъ раскаленныхъ газовъ прорвали уже охладившуюся поверхность этихъ свѣтилъ, напр., подъ вліяніемъ столкновенія съ другимъ темнымъ тѣломъ, или же что въ атмосферахъ этихъ небесныхъ тѣлъ внезапно совершились химическія соединенія газовъ, напр. водорода и кислорода, сопровождаемыя сильнѣйшимъ взрывомъ.

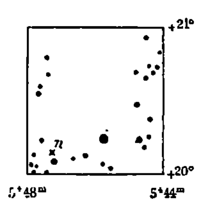


Мѣсто звѣзды Nova Aurigae 1892 г.

Но слѣдующая новая звѣзда обнаружила совершенно иныя свойства. Она появилась, какъ сказано, посреди большой туманности Андромеды, которая неоднократно уже интересовала насъ. 17 августа 1885 г. Джилли (Gully) *) въ Руанѣ увидѣлъ вблизи центральнаго сгущенія туманности на разстояніи 17 дуговыхъ секундъ къ сѣверовостоку отъ средины, какъ это видно на рисункѣ на стр. 415, звѣзду 6 величины, которая слѣдовательно почти могла быть видима просто глазомъ. За день до этого здѣсь не наблюдалось еще ничего особеннаго. Какъ всѣ другія новыя звѣзды, она скоро начала уменьшать силу свѣта, но это происходило все медленнѣе и медленнѣе. Въ началѣ сентября звѣзда была еще 8 величины, въ срединѣ октября—10; черезъ мѣсяцъ—11, въ январѣ 1886 г.—12 величины и затѣмъ очень медленно исчезла. Такъ какъ туманность Андромеды

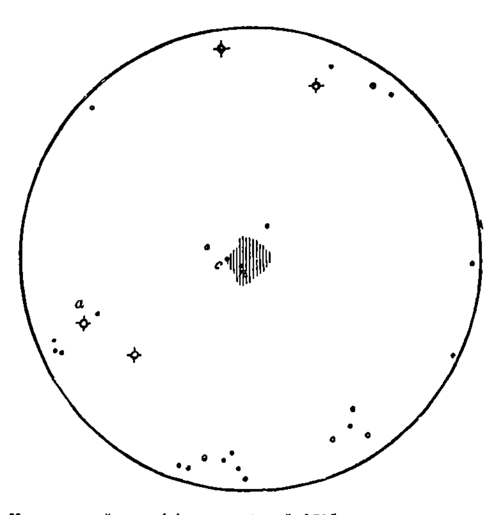
*) Эта звѣзда была впервые открыта г. Гартвигомъ, астрономомъ-наблюдателемъ Дерптской (нынѣ Юрьевской) Обсерваторіи. *С. Глазенапъ.*

не принадлежитъ къ неразложимымъ туманностямъ, но по крайней мѣрѣ въ своей значительной части представляетъ звѣздную кучу, то можно полагать, что эта новая звѣзда издавна принадлежала къ центральному звѣздному скопленію кучи и затѣмъ опять затерялась въ немъ. Раньше мы уже упоминали, что перемѣнныя звѣзды особенно часты въ звѣздныхъ кучахъ. Если допустить, что причины періодичности перемѣнныхъ звѣздъ и возникновенія новыхъ близки между собою, то будетъ понятно, почему эти послѣднія также появляются въ звѣздныхъ кучахъ. Nova 1860 года также находилась въ звѣздной кучѣ. Такъ какъ весь Млечный Путь представляетъ одну громадную звѣздную кучу, то весьма замѣчательнымъ представляется тотъ фактъ, что новыя звѣзды, всѣ безъ исключенія, появляются только въ наиболѣе яркихъ частяхъ Млечнаго Пути. Особенно богата ими область, занятая созвѣздіями Скорпіона, Стрѣльца и Змѣеносца (Ophiuchus), гдѣ раздѣлившійся Млечный Путь имѣетъ наибольшую ширину, а это служитъ признакомъ, что къ этой его части мы находимся ближе всего.



Карта, показывающая положеніе Nova Orionis. По Боннскому каталогу. См. нижній рисунокъ.

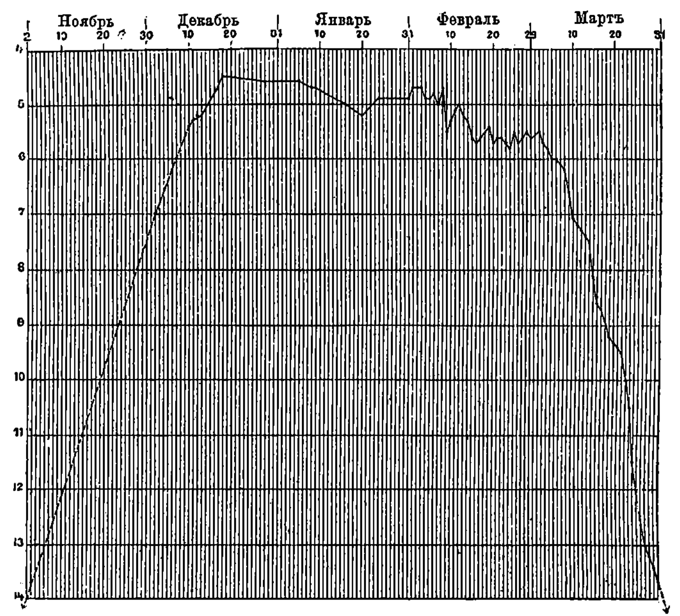
Спектръ новой звѣзды въ туманности Андромеды значительно разнится отъ спектра обѣихъ предыдущихъ временныхъ звѣздъ; онъ былъ особенно тщательно изслѣдованъ Фогелемъ и Маундеромъ. Послѣдній считаетъ его совершенно сплошнымъ безъ всякаго слѣда свѣтлыхъ или темныхъ линій. По словамъ Фогеля, въ спектрѣ появляются по временамъ свѣтлыя линіи; въ остальномъ же этотъ изслѣдователь вполнѣ согласенъ съ Маундеромъ. Цвѣтная полоса блѣднѣла постепенно по мѣрѣ ослабленія звѣзды, не обнаруживая какихъ либо иныхъ измѣненій. Спектры всѣхъ трехъ изслѣдованныхъ до этой поры новыхъ звѣздъ отличались однако другъ отъ друга. Новая звѣзда въ сѣверной Коронѣ, какъ новая звѣзда въ Лебедѣ, дала смѣшанный спектръ изъ свѣтлыхъ и темныхъ линій; но въ спектрѣ первой звѣзды сначала преобладали свѣтлыя линіи, пока спектръ не обратился въ обыкновенный, какой она имѣетъ и теперь. Звѣзда осталась свѣтиломъ 10 величины. Nova Cygni представила обратное отношеніе: сначала свѣтлыя линіи выступали мало, а въ концѣ концовъ остались только онѣ однѣ, тогда какъ сплошной спектръ совсѣмъ исчезъ. Въ спектрѣ новой звѣзды въ туманности Андромеды совсѣмъ не было свѣтлыхъ линій, развѣ только въ видѣ слабыхъ намековъ. Вспыхиваніе этой звѣзды нельзя поэтому приписать исключительно изверженію газовъ или взрыву, какъ это предполагалось относительно двухъ предыдущихъ новыхъ звѣздъ. Если же мы захотимъ это явленіе объяснить также возмущеніями на поверхности охладившагося свѣтила, то можемъ только допустить изверженіе внутренней расплавленной магмы и разлитіе ея поверхъ затвердѣвшей коры. Это разлитіе могло распространиться или на всю поверхность свѣтила, или на значительную часть ея, при этомъ оно могло и не достигать значительной толщины; въ такомъ случаѣ охлажде-



Новая звѣзда (n) въ Оріонѣ 1885 г. съ окрестными звѣздами. По А. Риккó. a, b, c неподвижныя звѣзды созв. Оріона.

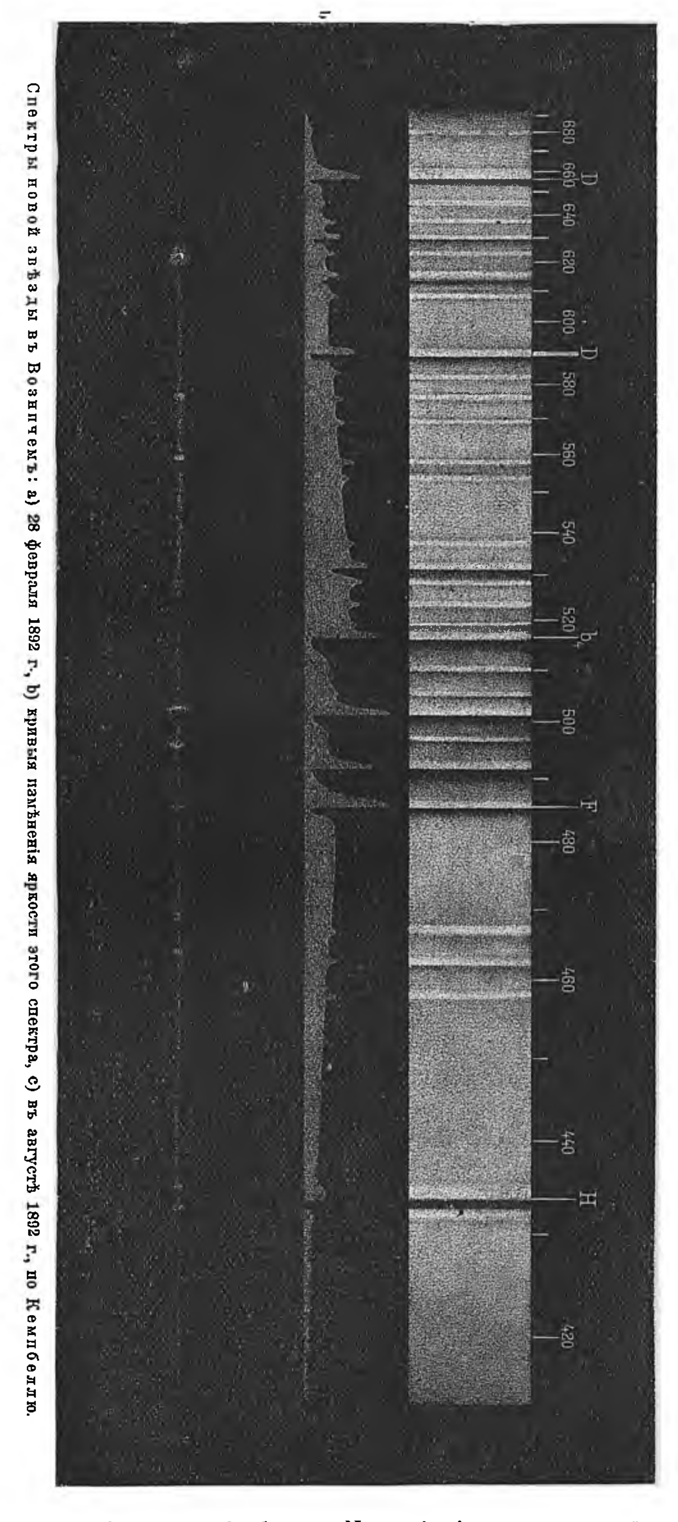
ніе должно наступить сравнительно быстро. Зелигеръ провѣрилъ это предположеніе разсчетомъ, сравнивъ наблюденную постепенность ослабленія свѣта съ тѣмъ, что требуется при соотвѣтственныхъ условіяхъ по механической теоріи теплоты, и получилъ удовлетворительный результатъ. Причиной разлитія магмы можетъ быть столкновеніе какой нибудь малой массы съ большимъ темнымъ тѣломъ.

Совершенно новую точку зрѣнія на природу новыхъ звѣздъ внесла въ наши взгляды новая звѣзда въ Возничемъ, Nova Aurigae 1892 года. Этимъ интереснымъ открытіемъ астрономія обязана также одному частному человѣку. Открытіе было сообщено 1 февраля анонимнымъ открытымъ письмомъ профессору Копеланду въ Эдинбургѣ. На указанномъ мѣстѣ между χ и 26 Aurigae, дѣйствительно, оказалась звѣзда 5 величины, которой не было ни въ одномъ каталогѣ. Ея положеніе показано на маленькой картѣ на стр. 416. Позднѣе оказалось, что авторомъ открытаго письма и самаго открытія новой звѣзды былъ докторъ богословія Андерсонъ (Rev. Anderson) въ Эдинбургѣ; въ первый разъ онъ увидѣлъ ее 23 января 1892 г. Но затѣмъ выяснилось, что звѣзда при ея открытіи просто глазомъ уже перешла черезъ максимумъ. Именно, когда Пикерингъ на Гарвардской обсерваторіи въ американскомъ Кембриджѣ ближе разсмотрѣлъ богатую коллекцію своихъ фотографическихъ снимковъ, которые обыкновенно только послѣ долгаго времени подвергались точному изслѣдованію и измѣренію, то нашелъ, что звѣзда до ея открытія Андерсономъ была уже сфотографирована въ Америкѣ тринадцать разъ. Восемнадцать другихъ снимковъ этой области, которые были сдѣланы между 3 ноября 1885 г. и 2 ноября 1891 г. и заключали звѣзды до 13 величины, не обнаруживаютъ и слѣдовъ этой новой звѣзды. Дальнѣйшіе снимки показали, что новая звѣзда въ началѣ декабря 1891 г. была 7 величины, а 7 декабря достигла 6 величины; 20 декабря, въ наибольшемъ своемъ блескѣ, она была 4,4 величины. Такимъ образомъ, 4—5 недѣль звѣзда могла быть видима просто глазомъ, и однако не была открыта. Въ высшей степени досадно, что въ то время она не была прослѣжена непрерывно при помощи телескопа, такъ какъ она обнаруживала явленіе медленнаго усиленія яркости, — а это совершенно отличаетъ ее отъ всѣхъ другихъ новыхъ звѣздъ. Изслѣдованіе отдѣльныхъ подробностей этого усиленія имѣло бы громадное значеніе для пониманія загадочной природы этихъ небесныхъ явленій, обыкновенно имѣющихъ характеръ катастрофъ. Тогда какъ всѣ другія новыя звѣзды появлялись совершенно внезапно, о нѣкоторыхъ же можно съ достовѣрностью сказать, что онѣ въ нѣсколько часовъ усиливались на нѣсколько классовъ, для Nova Aurigae потребовалось



Кривая измѣненія блеска новой звѣзды въ Возничемъ 1891/92 гг., по Фламмаріону

по крайней мѣрѣ восемь дней, чтобы подняться отъ 8 до 5 величины. Но кривая измѣненія блеска этой новой звѣзды отличается отъ кривыхъ другихъ звѣздъ не только въ восходящей части, но и въ нисходящей: сначала яркость уменьшалась мало, но замѣтно колебалась вверхъ и внизъ; 4 марта звѣзда была еще 5,7 величины, т. е. въ теченіе 2—3 мѣсяцевъ спустилась не болѣе, чѣмъ на одинъ классъ. Съ этого же момента блескъ звѣзды ослабѣлъ сразу очень быстро; 6 марта она была только 6,5 величины, 13—8-й, 17-го—9-й, 23-го—10 величины и т. д., пока въ концѣ апрѣля она не исчезла совершенно. Фламмаріонъ на основаніи всѣхъ наблюденій, сдѣланныхъ надъ этой звѣздой, начертилъ кривую измѣненія ея блеска, которую мы приводимъ на стр. 418 *). Обозначенное пунктромъ начало кривой до 10 декабря чисто гипотетическое. Во всякомъ случаѣ тогда произошло быстрое ея поднятіе. Это замѣчательное, отличное отъ всѣхъ другихъ родственныхъ звѣздъ соотвѣтствіе восходящей части кривой съ нисходящей, отдѣленныхъ другъ отъ друга продолжительнымъ періодомъ довольно, хотя и не вполнѣ, спокойнаго состоянія, вѣроятно, согласно съ дѣйствительностью. Позже, когда наблюдатели почти совсѣмъ забыли эту звѣзду и вели оживленные споры объ ея природѣ, она вне-



Спектры новой звѣзды въ Возничемъ: a) 28 февраля 1892 г., b) кривыя измѣненія яркости этого спектра, c) въ августѣ 1892 г., по Кемпбеллю.

*) Весьма обстоятельное изслѣдованіе измѣненія блеска Nova Aurigae дано покойнымъ Э. Линдеманомъ въ Запискахъ Императорской Академіи Наукъ. *С. Глазенапъ.*

запно появилась вновь въ августѣ 1892 г. въ видѣ правильной планетарной туманности. Бернердъ, наблюдавшій ее въ большой Ликскій рефракторъ, опредѣлилъ ее, какъ свѣтило 10 величины съ поперечникомъ въ 3″, однако на пространствѣ съ поперечникомъ въ полминуты она была окружена еще слабымъ туманнымъ сіяніемъ. Въ такой новой формѣ это образованіе оставалось въ теченіе мѣсяцевъ почти неизмѣннымъ, и потому могло быть изслѣдовано точнѣйшимъ образомъ. Итакъ, вмѣсто новой звѣзды передъ нами оказалась новая туманность,—это единственная туманность, образованіе которой можно было наблюдать.

Спектроскопическія наблюденія также несомнѣнно подтвердили, что это настоящая газовая туманность. Во время открытія это новое образованіе въ спектроскопъ обнаружило характеръ новой звѣзды: на сплошномъ спектрѣ ясно обозначались свѣтлыя и темныя линіи. Мы даемъ на прилагаемомъ рисункѣ этотъ спектръ такимъ, какъ онъ былъ измѣренъ Кемпбеллемъ въ Ликской обсерваторіи 28 февраля 1892 года. Здѣсь сразу бросается въ глаза особенный характеръ спектра: свѣтлыя линіи его за немногими исключеніями непосредственно ограничены темными и при томъ всегда съ одной стороны, именно съ фіолетоваго конца. Поэтому прямо можно было заключить, что спектръ произошелъ отъ двухъ различныхъ источниковъ свѣта, изъ которыхъ одинъ далъ главнымъ образомъ свѣтлыя линіи, другой темныя, и что эти источники находились въ ненормально быстромъ движеніи относительно другъ друга. Смѣщенія линій показывали скорость по крайней мѣрѣ въ 900 клм. въ секунду; это превышаетъ всѣ скорости, найденныя для небесныхъ свѣтилъ, и только немногія кометы, почти касавшіяся солнечной поверхности, обладали при этомъ прохожденіи въ теченіе нѣсколькихъ часовъ приблизительно столь же большою скоростью (см. стр. 218 и сл.). Напряженность сплошного спектра этой звѣзды, такъ же какъ и звѣзды 1876 года, современемъ ослабѣла; когда затѣмъ въ августѣ звѣзда появилась снова въ видѣ туманности, то ея спектръ вполнѣ превратился въ спектръ туманности, какъ выше уже было сказано. Здѣсь представлена фотографія спектра, которую Кемпбелль въ то время снялъ съ этого загадочнаго образованія. Линіи этого спектра совпадаютъ съ линіями раньше полученнаго спектра, только цвѣтная полоса и темныя линіи здѣсь совершенно исчезли. Сравненіе положенія этихъ свѣтлыхъ линій съ линіями извѣстныхъ газовыхъ туманностей, въ особенности съ туманностью Оріона, показало поразительное совпаденіе ихъ: не только четыре извѣстныя линіи туманностей, но еще и 13 другихъ, установленныхъ Кемпбеллемъ на основаніи сравненія пяти различныхъ туманностей, совпали со спектральными линіями этого новаго образованія, которое теперь также можно назвать туманностью.

Естественно возникаетъ вопросъ, какъ объяснить всѣ эти факты, данные наблюденіемъ, чтобы получить понятную картину процессовъ, которые совершались въ данномъ случаѣ въ далекихъ пространствахъ міροзданія. Фогель высказалъ предположеніе, что здѣсь мы были свидѣтелями великой космической катастрофы. По его мнѣнію, громадное темное тѣло съ ужасающею быстротою вторглось въ устроенную солнечную систему, заключающую нѣсколько планетъ, и внезапно разрушило ея покой и порядокъ. Если это тѣло и не ударилось прямо въ центральное свѣтило системы, которое можно представить себѣ уже почти въ охлажденномъ состояніи, то все же, пролетая очень близко отъ него, оно должно было оказать дѣйствіе громаднымъ притяженіемъ на внутреннюю еще жидкую массу свѣтила и вызвать могучія явленія приливовъ; послѣднія прорвали кору свѣтила и повлекли за собою ужасающія изверженія газовъ. Эти-то громадные протуберанцы, выброшенные съ ужасающей скоростью, и дали сильно сдвинутыя свѣтлыя линіи, тогда какъ другое тѣло, точно также раскалив-

шееся при этомъ и окруженное газами болѣе низкой температуры, дало темныя линіи. Зелигеръ высказался противъ этого взгляда, опираясь главнымъ образомъ на сохраненіе громадной скорости вторгнувшимся тѣломъ, затѣмъ на повышеніе и пониженіе яркости новаго образованія и, наконецъ, на его вторичное появленіе въ августѣ 1892 года. Зелигеръ, во всякомъ случаѣ съ меньшими допущеніями, объясняетъ наблюденныя явленія столкновеніемъ какого нибудь солнца съ туманною массою бо́льшихъ размѣровъ, какія стали намъ извѣстны съ недавняго времени, благодаря фотографіямъ Вольфа въ Гейдельбергѣ (см. стр. 59 и 378). Такое столкновеніе во всякомъ случаѣ болѣе вѣроятно, чѣмъ столкновеніе сравнительно небольшого небеснаго свѣтила съ солнечною системою, такъ какъ, выражаясь коротко, столкновеніе съ большимъ дискомъ имѣетъ больше шансовъ, чѣмъ съ малымъ. Далѣе, такъ какъ планеты предполагаемой солнечной системы, какъ и всякой другой, по теоріи, должны группироваться въ одной плоскости, то пришлось бы допустить, что столкновеніе произошло почти въ этой самой плоскости; въ такомъ случаѣ постороннее тѣло могло столкнуться съ нѣсколькими планетами, чѣмъ и объяснилось бы повтореніе вспыхиванія.

Гипотеза Зелигера не содержитъ невозможныхъ допущеній. Что туманныя массы, которыя даже съ нашей отдаленной точки наблюденія занимаютъ на поверхности неба цѣлыя созвѣздія, должны часто сталкиваться съ твердыми космическими массами, солнцами или темными тѣлами, которыя, какъ мы увидимъ далѣе, всѣ безъ исключенія движутся почти по прямолинейнымъ путямъ, — это даже нельзя считать допущеніемъ, это есть неизбѣжная необходимость. А въ такомъ случаѣ легко объясняется и все остальное. Нетрудно объяснить даже ненормальную скорость, которую обнаруживаетъ спектроскопъ въ свѣтящихся газовыхъ массахъ, участвующихъ въ явленіи. Приближавшееся свѣтило, которое дало линіи поглощенія, не имѣло большой скорости. Но какъ только оно достаточно приблизилось къ туманному образованію, отдѣльныя части послѣдняго, о первоначальномъ аггрегатномъ состояніи которыхъ намъ можно и не дѣлать никакихъ предположеній, должны были подъ вліяніемъ тяготѣнія устремиться навстрѣчу постороннему тѣлу съ возростающею скоростью, и въ наибольшей близости отъ него пріобрѣсти не менѣе, а даже еще болѣе громадную скорость, чѣмъ кометы нашей системы, весьма близко подходившія къ солнцу. Въ моментъ сближенія, массы туманнаго вещества тѣснятся вокругъ посторонняго тѣла, падаютъ на него и при столкновеніи обращаются въ раскаленные газы, если уже раньше не находились въ этомъ состояніи. Изъ космическаго облака устремляются къ постороннему тѣлу все новыя массы; вслѣдствіе этого, спектральный характеръ сдвинутыхъ линій непрерывно сохраняется. Особенности кривой измѣненія блеска звѣзды можно также понять просто: туманная масса не имѣетъ рѣзкихъ очертаній, ея наружныя части обладаютъ меньшею плотностью, чѣмъ внутреннія; только черезъ извѣстное время тѣло можетъ проникнуть въ нее до такой глубины, гдѣ матерія распредѣлена съ плотностью, приблизительно равномѣрною. При выходѣ изъ облака, понятно, должно происходить обратное явленіе, тогда какъ въ промежуткѣ, естественно, наблюдались только слабыя колебанія блеска, которыя неизбѣжны, какъ результатъ незначительныхъ различій въ плотности облака. Изъ газовыхъ массъ, которыя были притянуты постороннимъ тѣломъ или которыя оно само образовало вокругъ себя, сформировалась его раскаленная газовая оболочка, которая и придала ему видъ настоящей туманности.

Послѣдняя новая звѣзда, которую удалось наблюдать, появилась въ созвѣздіи Нормы; въ спектроскопѣ она обнаружила такое же явленіе, какъ и ея предшественница; другихъ ея особенностей мы здѣсь сообщать не будемъ. Г-жа Флемингъ нашла эту новую звѣзду на фотографической пла-

стинкѣ отъ 10 іюля 1893 г. въ видѣ диска 7,0 величины. Только въ февралѣ 1894 г. она понизилась до 9—10 величины и видна еще и теперь.

Совершенно подобныя же измѣненія блеска, какъ Nova Aurigae, но только тянувшіяся цѣлые десятки лѣтъ, мы установили уже выше для новой звѣзды 1600 года.

Если сопоставить всѣ факты и гипотезы, приведенные нами относительно новыхъ и перемѣнныхъ звѣздъ, то во первыхъ прежде всего бросается въ глаза, что онѣ несомнѣнно носятъ характеръ катастрофъ. Появись внезапно въ нашей солнечной системѣ какое либо свѣтило, обладающее блескомъ, превосходящимъ въ сто, въ тысячу разъ блескъ нашего дневного свѣтила, — нѣтъ сомнѣнія, это повлекло бы за собою гибель всего живущаго въ нашемъ прекрасномъ мірѣ. Положимъ даже, что мы съумѣли бы защитить себя отъ внезапнаго усиленія свѣта, но, вѣдь, это послѣднее физически должно быть непремѣнно связано съ соотвѣтственнымъ усиленіемъ тепла (если оставить въ сторонѣ слабыя дѣйствія фосфоресценціи и др.), а подобное усиленіе тепла грозило бы намъ неотвратимою гибелью. Какія бы допущенія мы ни дѣлали съ цѣлью объяснить вспыхиваніе новой звѣзды, несомнѣнно одно: эти возгорающіяся звѣзды представляютъ погребальные факелы какого нибудь гибнущаго міра. Происходятъ ли внезапно и безъ видимаго внѣшняго повода чрезвычайно сильныя изверженія газовъ на какомъ либо центральномъ свѣтилѣ, или то слѣдствія вторженія въ какую нибудь систему чуждаго тѣла, громаднаго метеорита, или, наконецъ, накаливаніе тѣла, которое сопровождаетъ проникновеніе его въ необычайно густое облако падающихъ звѣздъ или въ туманность, результатъ, остается всетаки одинъ и тотъ же: разрушеніе какого либо міра.

Къ счастію, мы видимъ въ то же время, что эти небесныя катастрофы крайне рѣдки: среди сотенъ тысячъ звѣздъ, за которыми мы въ настоящее время очень точно слѣдимъ, въ десятилѣтіе, быть можетъ, всего одна подвергается подобной участи. Отсюда мы заключаемъ, что одна звѣзда можетъ очутиться въ подобномъ положеніи едва одинъ разъ въ сотни тысячъ десятилѣтій. Но невозможность подобной судьбы нельзя a priori доказать ни для одной звѣзды небеснаго свода, какъ бы вѣчны онѣ ни казались, точно также нельзя этого доказать и для нашего солнца. Причины большихъ колебаній климатовъ, которыя въ геологическія эпохи испытала наша земля, неизвѣстны до сихъ поръ, даже хотя бы только съ нѣкоторою вѣроятностью. Между прочимъ, эти загодочныя явленія пытались объяснить неодинаковою температурой мірового пространства, черезъ которое движется наша солнечная система. Но весьма возможно, что вслѣдствіе неодинаковаго распредѣленія въ міровомъ пространствѣ космической пыли и метеоритовъ, вступленіе системы въ такое облако, какимъ по Зелигеру объясняется появленіе Nova Aurigae или по Локьеру появленіе звѣздъ типа Миры, служитъ причиною повышенія температуры, конечно, не мірового пространства, но тѣхъ міровыхъ тѣлъ, которыя пролетаютъ черезъ него. Если мы до сихъ поръ избѣжали катастрофы въ собственномъ смыслѣ, то причина этого можетъ заключаться въ томъ, что внутреннія пространства большой звѣздной кучи Млечнаго Пути уже, повидимому, гораздо болѣе освободились отъ несгустившагося вещества, т. е. въ томъ, что здѣсь уже больше порядка, чѣмъ во внѣшнихъ областяхъ млечной звѣздной полосы, гдѣ плотнѣе скучены не только звѣзды, но и истинныя газовыя туманности: къ нашей выгодѣ вещество вокругъ насъ распредѣлено гораздо бѣднѣе; солнца отдѣлены болѣе значительными разстояніями другъ отъ друга, и потому въ ихъ системахъ можетъ безпрепятственно устанавливаться болѣе совершенный порядокъ. Иначе обстоитъ дѣло во внѣшнихъ областяхъ и въ отдаленныхъ звѣздныхъ кучахъ. Тамъ между мірами кипитъ пока стихійная борьба за существова-

ніе, которую они ведутъ не менѣе, если не болѣе безпощадно, чѣмъ живыя существа между собою, пока въ концѣ концовъ по мѣрѣ соединенія массъ, замедляющихъ ихъ движеніе и ихъ развитіе, они не создадутъ для себя достаточнаго простора. Поэтому-то въ звѣздныхъ кучахъ мы чаще всего встрѣчаемъ перемѣнныя звѣзды, поэтому-то въ двухъ изъ нихъ уже вспыхивали новыя звѣзды, поэтому также всѣ временныя звѣзды появляются въ свѣтломъ поясѣ Млечнаго Пути, поэтому, наконецъ, мы можемъ надѣяться, что наши болѣе мирныя области мірового пространства будутъ навсегда избавлены отъ подобныхъ гибельныхъ битвъ между міровыми тѣлами.

Намъ кажется, что мы естественно, безъ всякой предвзятой мысли, руководясь единственнымъ стремленіемъ найти возможно простое объясненіе видѣннаго, приходимъ къ завершенію идеи развитія міровыхъ системъ, которую мы впервые ввели при разсмотрѣніи туманныхъ пятенъ и которая приводитъ насъ теперь къ представленію о гибели міровъ. Перемѣнныя и новыя звѣзды завершаютъ этотъ рядъ развитія. Когда мы, оставляя солнечную систему, вступили въ безконечно далекую область другихъ солнцъ, мы нашли тамъ особенныя образованія и громадныя пространства, выполненныя свѣтящимся, разнороднымъ газовымъ веществомъ. Различныя формы этихъ образованій свидѣтельствовали объ ихъ постепенномъ сгущеніи и о расчлененіи въ концѣ концовъ на отдѣльныя звѣзды. Относительно нѣкоторыхъ изъ нихъ можно было заключить, что они, вслѣдствіе какой то причины, вступили во вращательное движеніе. Въ связи съ этимъ мы обратили вниманіе на то, что многія изъ спиральныхъ туманностей сопровождаются небольшою туманностью; столкновеніе ея съ большою туманностью и могло послужить причиною вращенія послѣдней. Въ настоящей главѣ мы къ тому же узнали, что подобныя столкновенія міровыхъ тѣлъ, хотя и рѣдко, но могутъ случаться. Далѣе спектроскопическое распредѣленіе свѣтилъ показало намъ, что они должны быть различно накалены и что наиболѣе накалены тѣ изъ нихъ, которыя болѣе другихъ приближаются къ характеру туманностей. Наконецъ, мы видѣли, что въ связи съ постепеннымъ сгущеніемъ этихъ послѣднихъ и съ неизбѣжнымъ при этомъ процессѣ, сильнымъ, хотя, можетъ быть, и очень медленнымъ выдѣленіемъ жара образуются изъ туманностей солнечныя системы.

Двойныя звѣзды и особенно нѣкоторые типы перемѣнныхъ звѣздъ обнаружили передъ нами подробности, которыя не оставляютъ сомнѣнія въ томъ, что эти звѣздныя системы отчасти родственны нашей солнечной. Поскольку мы могли различить звѣздные спутники, мы убѣдились, что они имѣютъ времена обращенія, сходныя съ временами обращенія нашихъ планетъ; иные изъ нихъ были обнаружены благодаря затменіямъ, вызваннымъ ими. Положеніе и движеніе этихъ свѣтилъ, какъ оказывается, сильно отличаются отъ того, что мы имѣемъ въ нашей системѣ, но такъ какъ это темныя тѣла, то по нимъ мы заключаемъ о существованіи планетъ въ самыхъ далекихъ областяхъ вселенной. Другія перемѣнныя свѣтила или обнаружили признаки періодически появляющихся пятенъ, которымъ слѣдовательно подвержены и солнца другихъ міровыхъ системъ, или представляли процессы охлажденія, подобные тѣмъ, какіе нѣкогда испытала наша земля и навстрѣчу которымъ также идетъ и наше центральное свѣтило. Если мы еще прибавимъ сюда, что мы открыли даже слѣды метеорныхъ роевъ, которымъ надо приписать немаловажную роль въ ходѣ міровыхъ процессовъ, то надо думать, что по одному виду свѣтилъ и ихъ спектроскопическому изслѣдованію, при тѣхъ громадныхъ разстояніяхъ, какія отдѣляютъ насъ отъ нихъ, врядъ ли можно разсчитывать открыть въ нихъ еще болѣе родственныхъ чертъ. Наконецъ, при разсмотрѣніи новыхъ звѣздъ мы пришли какъ бы къ завершенію этого хода разви-

тія: уже охладившіеся міры погибають, они раскаляются, т. е. вновь возвращаются въ первоначальную фазу своего развитія. Одно изъ этихъ тѣлъ, какъ мы видѣли, уже снова обратилось въ туманность, и можно даже думать, что оно въ состояніи еще разъ пережить весь кругъ мірообразованія.

Здѣсь мы должны пока остановиться: намъ не достаетъ еще весьма многихъ и очень важныхъ основаній для того, чтобы далѣе прослѣдить великую идею творенія, изъ которой теперь мы можемъ представить себѣ только незначительные отрывки. Эти доводы, еще болѣе доказательные въ рѣшеніи вопроса объ единствѣ міростроенія, могутъ быть получены только изъ общихъ законовъ, которые управляютъ вѣчнымъ движеніемъ всѣхъ небесныхъ свѣтилъ всюду въ небесныхъ пространствахъ. Этими движеніями мы и займемся во второй части нашей книги.

II. Движенія небесныхъ свѣтилъ.

1. Астрономическіе измѣрительные приборы.

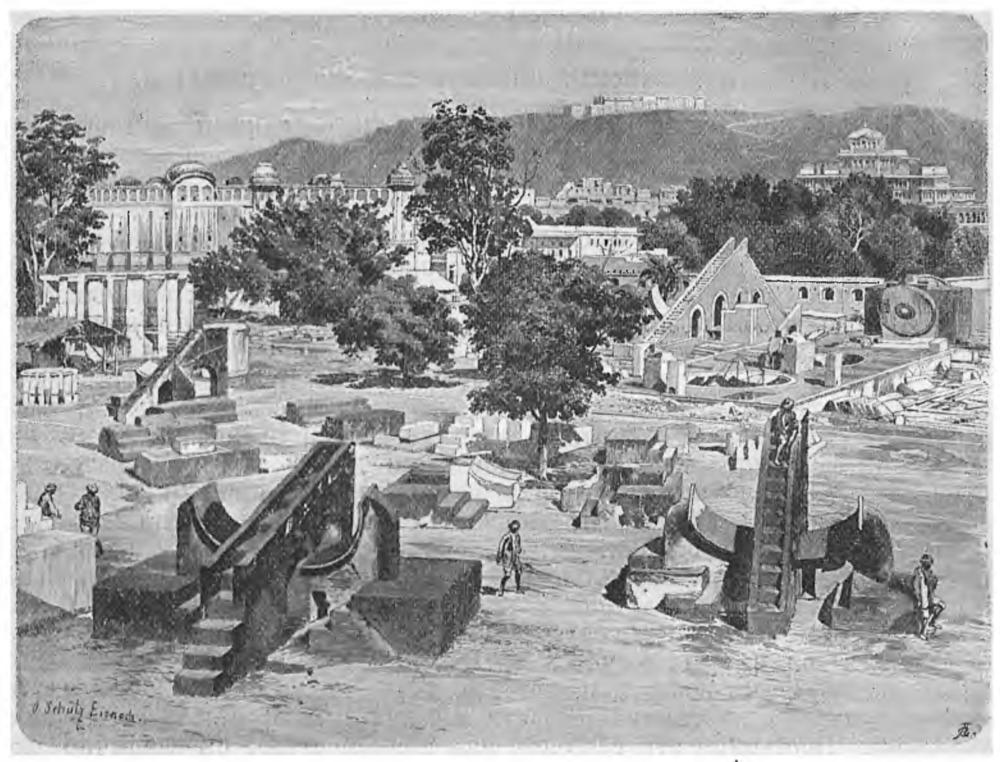
Для изученія движеній небесныхъ свѣтилъ, какими они представляются намъ съ земли, которую мы беремъ, какъ неподвижное основаніе для нашихъ измѣреній, намъ необходимы инструменты двухъ родовъ: одни — для опредѣленія пути, проходимаго тѣломъ при его движеніи, конечно, прежде всего кажущагося пути, т. е. для нашей точки наблюденія; другія — для опредѣленія времени, въ которое пройденъ этотъ путь. Слѣдовательно, намъ нужны инструменты для измѣренія пути и времени.

Для того, чтобы познакомиться съ характеромъ движеній, для изслѣдованія которыхъ служатъ инструменты перваго рода, обратимся къ солнцу. Чтобы слѣдить за его движеніемъ, можно съ нѣкоторой точностью воспользоваться тѣнью, которую оно отбрасываетъ. Высокіе обелиски, какіе воздвигали египтяне на открытыхъ мѣстахъ, служили прежде всего для наблюденій за солнцемъ, для чего измѣряли длину тѣни въ различное время дня. Вавилоняне въ своихъ обсерваторіяхъ ставили такъ называемые гномоны, — обыкновенно высокіе столбы, на вершинѣ которыхъ укрѣплялся кругъ съ отверстіемъ: солнечный лучъ, падающій сквозь это отверстіе на горизонтальную плоскость, позволялъ судить о положеніи солнца. Многія наши (нѣмецкія, готическія) церкви еще и нынѣ снабжены такимъ отверстіемъ, которое служило въ свое время для наблюденія за положеніемъ солнца. На рисункѣ индійской обсерваторіи (стр. 426) можно видѣть своеобразныя постройки, которыя точно также служили для наблюденія за солнцемъ по тѣнямъ, отчасти же для наблюденія и за другими свѣтилами. Постройки эти состоятъ изъ прямой стѣны съ различно скошенными краями. Каждая изъ нихъ снабжена другою стѣною въ видѣ отрѣзка круга. Положеніе тѣни, отбрасываемой краемъ первой стѣны на этотъ послѣдній, измѣряли и такимъ образомъ опредѣляли высоту свѣтила надъ горизонтомъ.

Если мы станемъ слѣдить за показаніями гномона, то прежде всего замѣтимъ, что солнце отъ восхода до заката описываетъ часть дуги большаго круга, которая наивысшей точки достигаетъ какъ разъ въ половинѣ времени, употребленнаго для ея прохожденія. Если измѣрить въ любое время до полудня длину солнечной тѣни и затѣмъ дождаться, когда она послѣ полудня опять достигнетъ той же самой величины, и если отмѣтить на горизонтальной плоскости направленіе обѣихъ тѣней, то въ направленіи линіи, дѣлящей уголъ между обѣими тѣнями пополамъ, будетъ находиться самая короткая тѣнь этого дня, соотвѣтствующая наиболѣе высокому положенію солнца. Направленіе кратчайшей тѣни всегда остается одно и то же, даже если мы съ сѣвернаго полушарія перейдемъ на южное, гдѣ полуденная тѣнь падаетъ какъ разъ въ обратную сторону. Это значитъ, что направленіе полуденной линіи указываетъ для каждой точки земли, которую мы избираемъ для наблюденія за небесными

движеніями, на нѣкоторое постоянное направленіе неба. Она пересѣкаетъ видимый горизонтъ въ сѣверной и южной точкахъ. Если мы будемъ поднимать взоръ, начиная съ южной точки, вверхъ, по вертикальной линіи, то въ полдень мы всегда встрѣтимъ здѣсь солнце, хотя всегда на различной высотѣ.

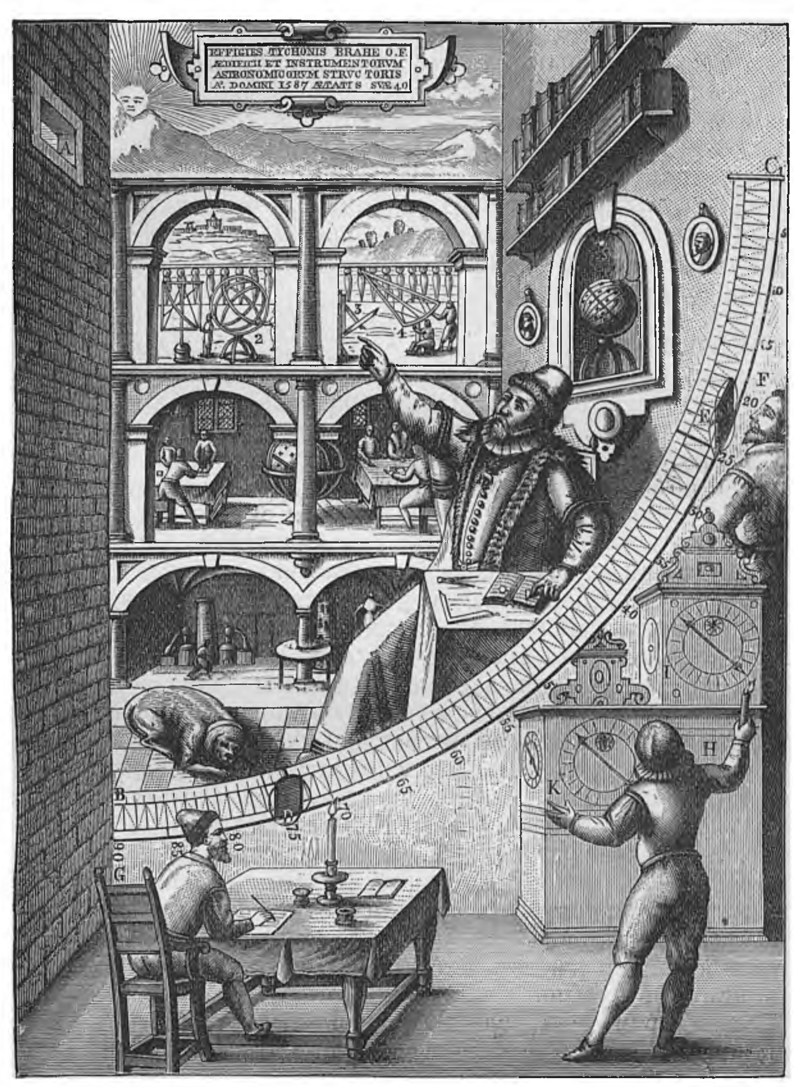
Гномонъ, вмѣстѣ съ полуденной линіей, разъ навсегда проведенной черезъ его основаніе на горизонтальной плоскости, былъ достаточенъ для изученія особенностей солнечнаго движенія. Позднѣе изъ гномона возникъ стѣнной квадрантъ. Рисунокъ на стр. 427 представляетъ квадрантъ



Индійская обсерваторія. По фотогр. Г. Бёка (H. Boeck).

Тихо Браге, при помощи котораго этотъ ревностный наблюдатель произвелъ много измѣреній, позднѣе послужившихъ его ученику Кеплеру для великаго открытія законовъ планетныхъ движеній. Столбъ гномона замѣненъ здѣсь стѣною, въ которой находится отверстіе A. Подъ прямымъ угломъ къ этой стѣнѣ идетъ другая, выведенная какъ разъ въ направленіи полуденной линіи; въ нее вдѣлана четверть круга (квадрантъ) большихъ размѣровъ, раздѣленная обычнымъ способомъ на 90 градусовъ. Въ самомъ верху, какъ разъ противъ отверстія A, по горизонтальному направленію, около C стоитъ начало дѣленій, 0 градусовъ, а около B, по отвѣсной линіи внизъ отъ отверстія стоитъ послѣднее дѣленіе, 90°. На квадрантѣ находится одинъ или нѣсколько такъ называемыхъ діоптръ DE, непрозрачныхъ кружковъ, снабженныхъ небольшимъ отверстіемъ. Эти діоптры могутъ двигаться по квадранту вверхъ и внизъ. Когда солнечный лучъ падаетъ изъ A черезъ отверстіе въ діоптрѣ, то, очевидно, въ это время солнце проходитъ черезъ полуденную плоскость, такъ какъ діоптръ установленъ въ ней. Положеніе діоптра на градусномъ дѣленіи квадранта

даетъ въ такомъ случаѣ непосредственно полуденную высоту солнца. Такимъ путемъ точно опредѣляется положеніе свѣтила относительно постоянныхъ точекъ земной поверхности. Какъ мы позднѣе увидимъ, всѣ свѣтила при суточномъ движеніи достигаютъ своего высшаго положенія (кульминаціи) въ направленіи полуденной линіи. Если по этому направле-



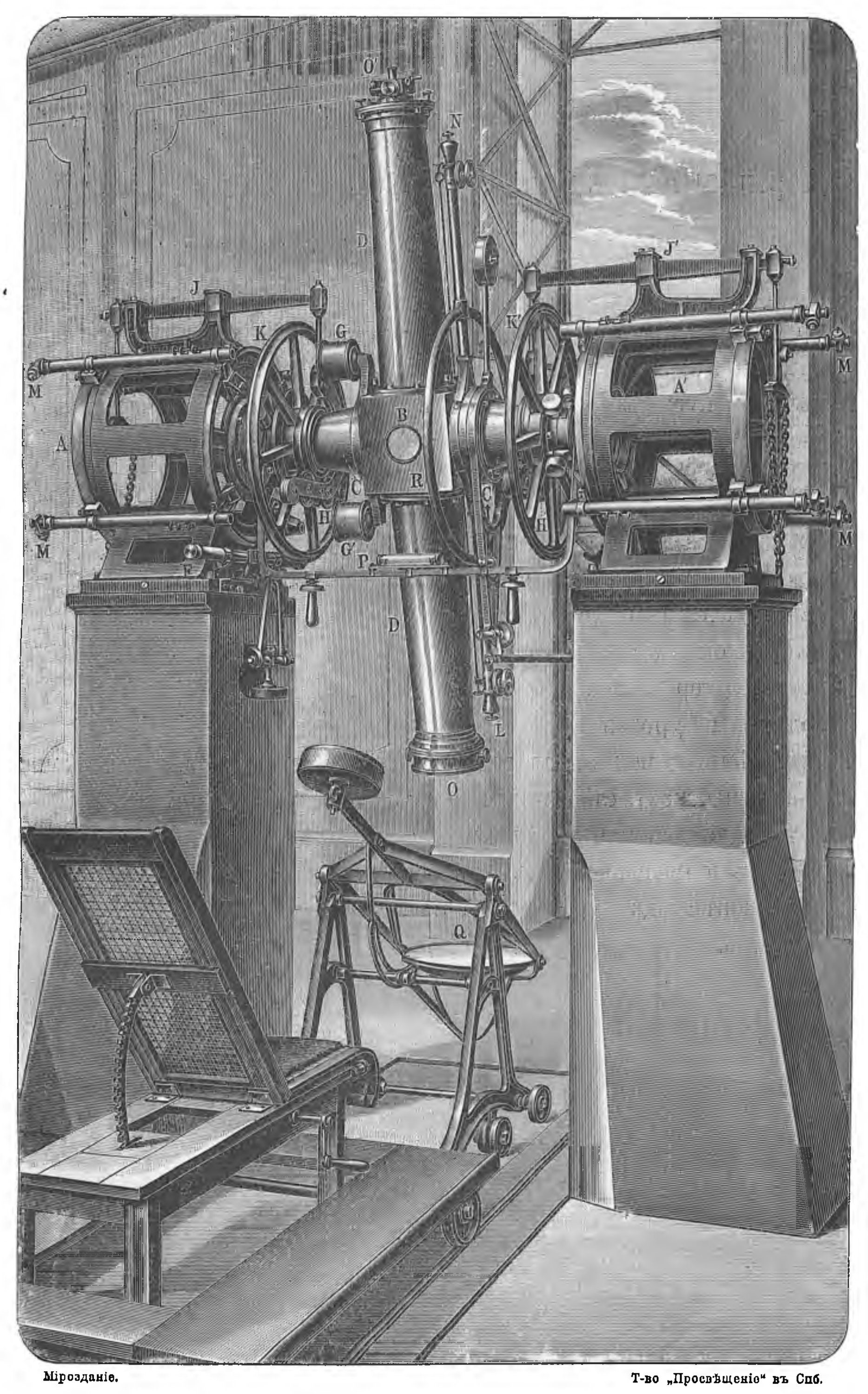
Тихо Браге со своими помощниками производитъ наблюденія со стѣннымъ квадрантомъ. По Tycho „Astronomiae instauratae mechanica", 1598.

нію мы проведемъ полукругъ отъ южной точки горизонта черезъ точку зенита, какъ разъ надъ нашей головой, къ сѣверной точкѣ горизонта, то получимъ меридіанъ мѣста наблюденія. Измѣряя въ градусахъ по стѣнному квадранту высоту свѣтила во время **прохожденія** его **черезъ меридіанъ**, мы опредѣлимъ для даннаго времени положеніе его на небѣ относительно какой либо точки земной поверхности. Можно такимъ образомъ всегда указать ту точку небеснаго свода, въ которой данное свѣтило находилось столько-то дней, лѣтъ и т. д. тому назадъ. А это очень важно для нашихъ изслѣдованій.

Послѣ изобрѣтенія оптическихъ стеколъ, стѣнной квадрантъ постепенно преобразовался въ меридіанный кругъ, — точнѣйшій инструментъ для такъ называемыхъ абсолютныхъ измѣреній на небѣ. Въ меридіанномъ кругѣ прежде всего бросается въ глаза телескопъ, хотя въ измѣреніяхъ онъ играетъ сравнительно второстепенную роль, именно, увеличиваетъ видимое движеніе объекта, благодаря чему съ большей точностью можно установить моментъ его прохожденія черезъ меридіанъ. Въ сущности, телескопъ только замѣняетъ здѣсь діоптру стѣнного квадранта. Само собою понятно, что въ телескопъ, кромѣ того, можно видѣть и измѣрять предметы, которые недоступны просто глазу черезъ діоптру. Телескопъ устанавливается такимъ образомъ, чтобы свѣтовой лучъ звѣзды, которая какъ разъ проходитъ черезъ меридіанъ, направлялся черезъ средину телескопа. Звѣзды кульминируютъ на различныхъ высотахъ надъ горизонтомъ; поэтому для выполненія указаннаго условія для всякой звѣзды, телескопъ по срединѣ продольной (оптической) оси снабжаютъ, подъ прямымъ угломъ къ ней, горизонтальною осью вращенія. Послѣдняя устанавливается въ подшипникахъ на двухъ столбахъ такъ, чтобы оптическая ось могла вокругъ нея вращаться.

На нашемъ рисункѣ страсбургскаго меридіаннаго круга (см. приложеніе) оптическая ось телескопа OO′ направлена внизъ; горизонтальная ось его идетъ отъ A до A′. Для того, чтобы въ телескопѣ получить постоянную точку, къ которой можно относить всѣ измѣренія, у самаго окуляра O′, между нимъ и объективомъ, на томъ мѣстѣ, гдѣ объективъ O даетъ изображеніе свѣтила, которое затѣмъ увеличивается окуляромъ, натянуты тончайшія нити: двѣ въ горизонтальномъ направленіи весьма близко одна къ другой; между ними и помѣщается изображеніе звѣзды, которая при прохожденіи черезъ меридіанъ всегда движется горизонтально; перпендикулярно къ нимъ натянута цѣлая система нитей, которыя располагаются симметрично относительно средней изъ нихъ. Телескопъ стремятся установить такъ, чтобы средняя вертикальная нить совпадала съ меридіаномъ. Для того, чтобы это сохранялось во всѣхъ положеніяхъ, необходимо прежде всего привести точно въ горизонтальное положеніе ось AA′, такъ какъ плоскость меридіана проходитъ перпендикулярно къ горизонту. Для провѣрки этого къ оси подвѣшиваютъ уровень P. Слегка изогнутая стеклянная трубка уровня въ томъ мѣстѣ, гдѣ надъ жидкостью находится пузырекъ воздуха, снабжена дѣленіями, угловое значеніе которыхъ предварительно точно опредѣляется. Пузырекъ никогда не остается на самой срединѣ; вслѣдствіе этого, отсчитываютъ дѣленія уровня на концахъ пузырька, снимаютъ уровень съ оси, повертываютъ его, такъ что правый конецъ подвѣшивается теперь къ лѣвой сторонѣ оси, и вновь отмѣчаютъ положеніе обоихъ концовъ пузырька. Поворачиваніемъ уровня избѣгаютъ ошибки, которая можетъ произойти вслѣдствіе неодинаковой длины ручекъ, на которыхъ виситъ уровень. Положеніе оси также никогда не бываетъ совершенно горизонтальнымъ. Хотя подшипники оси снабжены уравнительными винтами, которыми можно исправлять найденныя ошибки, но это дѣлаютъ только въ томъ случаѣ, если ошибки превышаютъ извѣстный предѣлъ. Въ данномъ случаѣ руководятся тѣмъ же соображеніемъ, по которому какъ можно рѣже переводятъ хорошіе часы. Стоитъ только точно опредѣлить самую ошибку, и можно всегда вводить ее въ разсчетъ.

Цилиндрическія цапфы, которыя образуютъ концы горизонтальной оси, изготовляютъ изъ лучшей стали и, конечно, вытачиваютъ какъ можно точнѣе. Подшипники представляютъ скошенныя поверхности изъ металла или же изъ агата; цапфы соприкасаются съ ними только по очень короткой линіи. Чтобы по возможности уменьшить треніе, придѣлываютъ противовѣсы. Ось вращается на фрикціонныхъ валикахъ H; они подвѣшены



Мірозданіе. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Меридіанный кругъ Страсбургской обсерваторіи.

Меридiанный кругъ Страсбургской Обсерваторiи.

(Значенiе буквъ.)

A, A′ прорѣзные желѣзные цилиндры съ подшипниками для осей.

B средній кубъ телескопа.

C, C′ полые конусы, ввинченные въ кубъ B съ цилиндрическими стальными цапфами.

D, D′ труба телескопа.

O объективъ.

O′ окуляръ съ нитянымъ микрометромъ.

K раздѣленный кругъ съ дѣленiями въ 2′ на узкой серебряной полосѣ.

K′ вспомогательный кругъ.

M, M′ микроскопы для отсчитыванiя.

Q ртутный горизонтъ.

P подвѣсный уровень.

H, H′ фрикцiонные валики съ крюкомъ для уравновѣшенiя телескопа.

I, I′ плеча рычаговъ съ цѣпями и грузами для уравновѣшенiя.

R кругъ для поворачиванiя телескопа.

L, N тормазъ и ключъ для малыхъ передвиженiй.

G, G′ Противовѣсы для уравновѣшенiя R, L и N.

F искатель.

къ плечамъ рычаговъ II', къ наружнымъ концамъ которыхъ на цѣпяхъ прикрѣплены противовѣсы. Отъ цапфъ требуется, чтобы онѣ представляли математически точныя цилиндрическія поверхности. Однако, каждый наблюдатель долженъ въ этомъ ихъ тщательно испытать, для чего устанавливаютъ телескопъ на различныхъ высотахъ и всякій разъ нивеллируютъ. Если цапфы не представляютъ неровностей, то показанія уровня должны всегда оставаться одинаковыми.

Такъ какъ производимыя инструментомъ измѣренія должны быть отнесены къ постоянной точкѣ земной поверхности, то подшипники цапфъ должны какъ можно меньше измѣнять свое положеніе относительно земной поверхности. Этого можно достичь только возможно прочной установкой столбовъ, которые, смотря по свойству почвы, иногда приходится погружать на глубину 10 м. Вокругъ столбовъ оставляютъ свободное пространство и окружаютъ ихъ предохранительнымъ чехломъ изъ войлока и металлическихъ листовъ. Подобными и другими приспособленіями достигаютъ того, что столбы не испытываютъ значительныхъ колебаній температуры, влекущихъ за собой неравномѣрное расширеніе.

Если приняты всѣ эти мѣры для возможно точной горизонтальности оси AA', а также для возможно точнаго опредѣленія соотвѣтственныхъ ошибокъ ея, то этого всетаки еще не достаточно для того, чтобы оптическая ось OO' описывала кругъ подъ прямымъ угломъ къ горизонтальной оси. Необходимо выполнить еще условіе, чтобы линія, соединяющая средину объектива съ точкою пересѣченія двухъ среднихъ паутинныхъ нитей въ окулярѣ, образовала въ точности прямой уголъ съ линіею, соединяющею центры обѣихъ цапфъ. Если оптическая ось стоитъ наклонно къ горизонтальной оси вращенія, то телескопъ, направленный вертикально кверху, не будетъ проходить черезъ зенитъ, какъ это должно бы быть, но въ сторону отъ него, напр., вправо. Если затѣмъ повернуть телескопъ на 180°, такъ чтобы онъ направленъ былъ на противоположную зениту т о ч к у н а д и р а (зенитъ нашихъ антиподовъ), то онъ отклонится тоже вправо. Здѣсь также нельзя избѣжать незначительной ошибки, называемой к о л л и м а ц і о н н о й. Ея величину можно опредѣлить двояко: во первыхъ для этого опредѣляютъ мѣсто надира на инструментѣ; положеніе инструмента для опредѣленія мѣста надира изображено на нашемъ рисункѣ. Объективъ направляютъ внизъ и ставятъ подъ нимъ плоскій сосудъ со ртутью, такъ называемый р т у т н ы й г о р и з о н т ъ. Если смотрѣть теперь сверху O' въ телескопъ на ртутный горизонтъ, и если при этомъ телескопъ находится въ абсолютно вертикальномъ положеніи, то лучи, дающіе зеркальное изображеніе пересѣченія нитей, искусственно освѣщенныхъ сбоку, отразившись отъ поверхности ртути, также пойдутъ въ окуляръ совершенно вертикально: слѣдовательно зеркальное изображеніе нитей должно совпадать съ самыми нитями. Если же телескопъ нѣсколько отклоненъ вправо, то зеркальное изображеніе сдвинется влѣво на двойную величину существующей ошибки; тогда рядомъ съ дѣйствительными нитями будетъ видно ихъ зеркальное изображеніе. Для опредѣленія величины ошибки помѣщается въ фокальной плоскости объектива, между нимъ и окуляромъ, подвижная нить какъ можно ближе къ неподвижнымъ нитямъ. Перемѣщеніе подвижной нити выражается въ дуговыхъ мѣрахъ (дуговыхъ секундахъ) при помощи въ высшей степени точнаго микрометрическаго винта. Сначала подвижную нить помѣщаютъ въ такое положеніе, чтобы она закрыла неподвижную среднюю нить, и отсчитываютъ положеніе микрометрическаго винта, а затѣмъ перемѣщаютъ подвижную нить до закрытія ею отраженнаго отъ ртути изображенія неподвижной нити; разность обоихъ отсчетовъ дастъ двойную искомую ошибку. Но послѣдняя, какъ мы увидимъ, складывается съ ошибкою наклоненія горизонтальной оси; ибо даже и въ томъ случаѣ.

когда одинъ подшипникъ цапфы лежитъ ниже другого, телескопъ долженъ въ этомъ положеніи отклоняться отъ вертикальнаго направленія. Но такъ какъ ошибку наклоненія оси можно опредѣлить заранѣе уровнемъ, то ее легко здѣсь отдѣлить отъ ошибки коллимаціи.

При помощи особеннаго приспособленія обѣ ошибки можно опредѣлить и безъ примѣненія уровня описаннымъ наблюденіемъ надира. По рельсамъ подкатываютъ подъ телескопъ небольшую телѣжку, на которой помѣщается приспособленіе для его подъема; при помощи телѣжки можно приподнять инструментъ изъ подшипниковъ оси и повернуть на 180°, такъ что восточная цапфа перекладывается на западный подшипникъ и наоборотъ: инструментъ *перекладывается*. При этомъ, конечно, ошибка коллимаціи должна сказаться въ обратномъ направленіи, ошибка же наклоненія остается та же, что и при первомъ положеніи трубы, такъ какъ она происходитъ не отъ самаго инструмента, но отъ положенія неподвижныхъ подшипниковъ оси. Если мы теперь еще разъ произведемъ наблюденіе надира такимъ же образомъ, какъ раньше, то разница обоихъ наблюденій дастъ только двойную ошибку коллимаціи.

Второй способъ опредѣленія этой ошибки основывается на наблюденіи такъ называемой *миры*. Мирою можетъ служить любой, достаточно отдаленный земной предметъ (лучше точка), который въ полѣ зрѣніи телескопа виденъ вблизи упомянутой уже не разъ средней нити. Направляютъ телескопъ, т. е. нити микрометра, на миру, перекладываютъ телескопъ и вновь повторяютъ наблюденіе. Такой результатъ, полученный при наблюденіи на горизонтѣ, свободенъ отъ ошибки наклоненія.

Если выполнены два условія: горизонтальность оси вращенія и перпендикулярное положеніе оптической оси по отношенію къ оси вращенія, тогда, слѣдовательно, телескопъ совершаетъ движеніе по кругу, проходящему черезъ зенитъ и надиръ точно подъ прямымъ угломъ къ горизонту. Такихъ *вертикальныхъ круговъ* существуетъ безконечно много, однако, только одинъ изъ нихъ есть меридіанъ мѣста наблюденія и удовлетворяетъ тому условію, что проходитъ какъ разъ съ юга на сѣверъ. Къ сожалѣнію, это направленіе на землѣ не отмѣчено ничѣмъ особеннымъ; его можно опредѣлить только на основаніи наблюденій надъ небесными свѣтилами, какъ это, напр., грубо можно дѣлать по длинѣ тѣней гномона.

Прежде чѣмъ узнать, какимъ образомъ производятся съ меридіаннымъ кругомъ абсолютныя наблюденія, относимыя къ нѣкоторой постоянной точкѣ земной поверхности, мы должны еще удостовѣриться, что направленіе оси вращенія AA′ остается постояннымъ. Для этого опять таки служитъ мира. Допустимъ, что вертикальный кругъ, проходящій черезъ миру и съ другой стороны черезъ зенитъ и надиръ, есть тотъ самый, къ которому должны быть отнесены всѣ наблюденія. Чѣмъ дальше мира отъ инструмента, тѣмъ болѣе исчезаютъ ея небольшія смѣщенія, которыя она испытываетъ вслѣдствіе разницы температуръ, а также дѣйствительныхъ колебаній земной почвы. Если помимо остальныхъ ошибокъ инструмента, замѣчаются измѣненія въ положеніи миры относительно средней линіи телескопа, то это указываетъ на перемѣщеніе подшипниковъ оси относительно другъ друга въ горизонтальномъ направленіи; въ незначительной мѣрѣ это происходитъ безпрестанно. Эти уклоненія отъ собственнаго меридіана называютъ *азимутальными ошибками* инструмента.

Точныя изслѣдованія, постоянно производимыя меридіаннымъ кругомъ въ каждой большой обсерваторіи, показали, что почва подъ нашими ногами непрерывно совершаетъ медленныя сложныя вращательныя движенія. Большею частью это движеніе согласуется съ временами года. Многолѣтнія наблюденія надъ устоями берлинскаго меридіаннаго круга довольно точно обнаружили періодичность въ ихъ движеніяхъ, согласующуюся съ

періодомъ солнечныхъ пятенъ. До такихъ мельчайшихъ подробностей сказывается вліяніе нашего могучаго центральнаго свѣтила. Правда, здѣсь дѣло идетъ объ отклоненіяхъ въ нѣсколько дуговыхъ секундъ, такъ что замѣченное смѣщеніе устоевъ относительно другъ друга едва достигаетъ десятой части толщины волоса.

Послѣ того, какъ, при помощи изложенныхъ манипуляцій, точно опредѣлено положеніе круга, описываемаго среднею нитью инструмента, относительно нѣкотораго вертикальнаго круга, опредѣляемаго точками земной поверхности, нужно еще умѣть при каждомъ наблюденіи звѣзды, проходящей какъ разъ черезъ меридіанъ между двумя горизонтальными нитями, опредѣлять данное возвышеніе оптической оси надъ горизонтальной линіей, которая проходитъ черезъ центръ инструмента. Указаніе момента прохожденія, которое наблюдаютъ по средней нити, и высоты надъ горизонтомъ, на которой это прохожденіе совершается, точно опредѣляетъ положеніе звѣзды въ данный моментъ относительно центра инструмента, т. е. относительно постоянной точки земной поверхности. Наша задача этимъ и рѣшается. Для опредѣленія угла высоты къ обоимъ концамъ оси вращенія придѣланы круги KK′; по окружности ихъ на серебряной полосѣ нанесены весьма точныя дѣленія. Для того, чтобы произвести точныя дѣленія по кругу, устраиваютъ особыя дѣлительныя машины, которыя при извѣстныхъ условіяхъ производятъ дѣленія даже автоматически. На кругахъ наносятъ штрихи, количество которыхъ мѣняется, смотря по тому, на какія части градуса хотятъ раздѣлить кругъ. Если дѣленіе производятъ до дуговыхъ минутъ, то на кругѣ наносятъ $360 \times 60 = 21{,}600$ штриховъ. 21,600-ый штрихъ долженъ опять въ точности совпадать съ первымъ штрихомъ, иначе работа пропала. На самомъ дѣлѣ преслѣдуемая точность должна простираться гораздо дальше одной дуговой минуты, но въ то же время штрихи нельзя наносить очень тѣсно, и нельзя поперечникъ круговъ брать больше извѣстнаго предѣла, чтобы круги отъ собственной тяжести не измѣняли своей математической формы.

Для того, чтобы можно было отсчитывать секунды и ихъ доли, противъ дѣленій круговъ устроены микроскопы **MM′**, которые неподвижно прикрѣпляютъ къ устоямъ. Окуляръ каждаго изъ этихъ микроскоповъ, — обыкновенно съ каждой стороны ихъ четыре, — снабженъ также неподвижными и подвижными микрометрическими нитями, какъ и окулярный конецъ самаго телескопа. Неподвижная нить одного изъ микроскоповъ служитъ собственно нулевой точкой.

Когда звѣзда, высоту которой хотятъ измѣрить при прохожденіи ея черезъ меридіанъ, появилась въ полѣ зрѣнія, телескопъ вращаютъ до тѣхъ поръ, пока звѣзда, въ своемъ суточномъ движеніи, не окажется какъ разъ по серединѣ между обѣими горизонтальными нитями. Тогда закрѣпляютъ инструментъ при помощи винтовъ L и N, чтобы онъ никоимъ образомъ не могъ двигаться. Въ микроскопѣ съ нулевою точкою при этомъ видно нѣсколько штриховъ круга; прежде всего стараются отмѣтить градусы и минуты. Обыкновенно оказывается нѣкоторое разстояніе между этими штрихами и неподвижною нитью микроскопа, которую мы приняли за нулевую точку для измѣренія высоты. Это разстояніе измѣряютъ, устанавливая микрометрическимъ винтомъ подвижную нить сначала противъ неподвижной нити, а затѣмъ противъ ближайшаго дѣленія и отсчитываютъ обороты микрометрическаго винта; величина одного оборота точно извѣстна въ дуговыхъ секундахъ. Хотя бы круговыя дѣленія были здѣсь и абсолютно вѣрны, однако, нельзя было бы избѣжать систематическихъ ошибокъ, потому что центръ круга обыкновенно не лежитъ какъ разъ на средней линіи оси вращенія, т. е. онъ, выражаясь спеціальнымъ языкомъ, эксцентриченъ. Эта ошибка эксцентрицитета на противоположной сто-

ронѣ круга, т. е. удаленной всегда на 180°, должна сказаться въ обратномъ направленіи; и потому въ этомъ мѣстѣ укрѣпляютъ второй микроскопъ, тогда среднее обоихъ отсчетовъ будетъ свободно отъ ошибки эксцентрицитета. Два другихъ микроскопа съ той же стороны служатъ для контроля, чтобы обнаруживать случайныя ошибки дѣленій. Инструменты имѣютъ обыкновенно только один ъ раздѣленный кругъ; но такъ какъ при наблюденіи время отъ времени трубу приходится перекладывать для устраненія нѣкоторыхъ ошибокъ, то необходимы микроскопы на обѣихъ колоннахъ. Другой кругъ K′, который находится на оси, не раздѣленъ и служитъ только для полной симметріи инструмента, чтобы устранить ошибки отъ неравныхъ прогибовъ его металлическихъ частей.

Когда приходится опредѣлять положеніе свѣтила меридіаннымъ кругомъ, то каждый разъ прежде всего надо вновь опредѣлить три главныя ошибки инструмента: паклоненіе оси, коллимацію и азимутъ, такъ какъ ихъ величины измѣняются изо дня въ день. Приблизительно время и высота прохожденія свѣтила черезъ меридіанъ извѣстны заранѣе. Инструментъ устанавливаютъ въ соотвѣтственномъ направленіи и помѣщаютъ звѣзду, когда она появилась въ полѣ зрѣнія, посрединѣ между обѣими горизонтальными нитями, какъ уже сказано раньше. Теперь нужно только съ возможной точностью опредѣлить моментъ, когда звѣзда проходитъ черезъ среднюю нить. Тогда, очевидно, положеніе звѣзды, относительно данной земной неподвижной точки, можно считать для даннаго момента опредѣленнымъ со всею точностью, доступной человѣку.

Но для того чтобы оградить себя отъ случайныхъ ошибокъ при наблюденіи прохожденія свѣтила черезъ среднюю нить, параллельно къ этой послѣдней, на опредѣленныхъ разстояніяхъ, натянуты еще нити, число которыхъ измѣняется, смотря по надобности. Въ такихъ инструментахъ ихъ бываетъ до 25. Разстоянія этихъ нитей отъ средней сначала могутъ быть взяты и произвольныя, но они должны быть опредѣлены большимъ числомъ наблюденій, для того, чтобы наблюденныя прохожденія свѣтила черезъ боковыя нити можно было приводить къ средней нити. Понятно, почему эту сѣть паутинныхъ нитей, находящуюся тотчасъ за окуляромъ (относительно глаза наблюдателя), астрономъ оберегаетъ тщательнѣе всего.

Моменты прохожденія звѣзды передъ сѣтью нитей отмѣчаются нынѣ почти исключительно электрическими хронографами. При каждомъ качаніи секунднаго маятника астрономическіе часы производятъ электрическій контактъ. При этомъ въ хронографѣ приходитъ въ движеніе якорь съ тонкимъ остріемъ, которое въ этотъ самый моментъ пробиваетъ отверстіе на движущейся бумажной лентѣ. Получается рядъ точекъ, раздѣленныхъ равными разстояніями и соотвѣтствующихъ часовымъ секундамъ. Но кромѣ секунднаго штифта въ хронографѣ находится еще второй, который въ любой моментъ нажатіемъ на электрическую кнопку можетъ быть приведенъ въ дѣйствіе по желанію наблюдателя; такимъ образомъ между секундными точками онъ можетъ пробить еще другую точку. Наблюдатель приводитъ въ дѣйствіе этотъ штифтъ при каждомъ прохожденіи звѣзды черезъ одну изъ нитей; при этомъ на хронографѣ отмѣчаются наблюдаемые моменты, и впослѣдствіи можно, измѣривъ разстоянія точки наблюденія отъ двухъ сосѣднихъ секундныхъ точекъ, опредѣлить долю секунды, въ какую было сдѣлано наблюденіе. Такимъ образомъ можно легко довести точность измѣренія до одной сотой секунды.

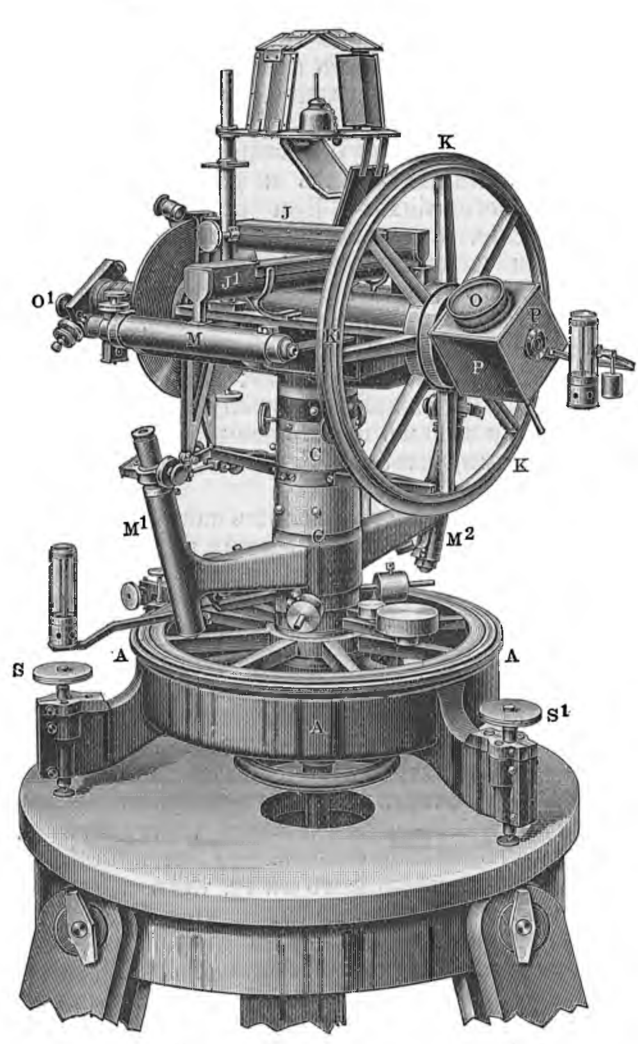
Однако, самое наблюденіе еще далеко не удается произвести съ такою точностью. Физіологическій механизмъ нашихъ чувствъ работаетъ далеко не столь быстро и точно, какъ электрическія приспособленія, которыя отмѣчаютъ даннымъ образомъ показанія нашихъ чувствъ, и даже эти самые аппараты, напр. находящіеся въ нихъ электромагниты, требуютъ нѣкотораго

времени для возбужденія и приведенія въ дѣйствіе. Астрономъ пытается также освободиться и отъ всѣхъ этихъ ошибокъ. Между моментомъ, когда наступаетъ событіе, и моментомъ, въ который оно доходитъ черезъ наши чувства до нашего сознанія, протекаетъ нѣкоторое замѣтное время. Затѣмъ намъ нужно еще время, чтобы принять рѣшеніе для какого нибудь дѣйствія, напр. для нажатія электрической кнопки, которую при наблюденіи держатъ въ рукѣ, и наконецъ мышцы наши также требуютъ времени для выполненія дѣйствія. Хотя бы сумма всѣхъ этихъ промедленій составила всего доли секунды, однако ее необходимо опредѣлить, въ виду того, что астрономъ стремится къ возможно большей точности. Къ тому же опытъ показываетъ, что эта разница воспріятія, которую называютъ личнымъ уравненіемъ, не одинакова для различныхъ лицъ и даже для одного и того же лица въ различныхъ состояніяхъ. При астрономическихъ измѣреніяхъ часто приходится измѣрять только промежутокъ времени между наступленіемъ одного событія и наступленіемъ другого. Поэтому, если „личное уравненіе" наблюдателя въ допустимыхъ предѣлахъ остается постояннымъ, то такой промежутокъ можно опредѣлить точно, даже не зная личнаго уравненія. Однако, часто представляются и такія задачи, которыя не могутъ быть выполнены однимъ наблюдателемъ; тогда астрономы, участвующіе въ общей работѣ, должны опредѣлить разницу ихъ „абсолютныхъ" личныхъ уравненій (эту разницу затѣмъ просто называютъ личнымъ уравненіемъ между двумя наблюдателями), чтобы наблюденія одного можно было свести на наблюденія другого.

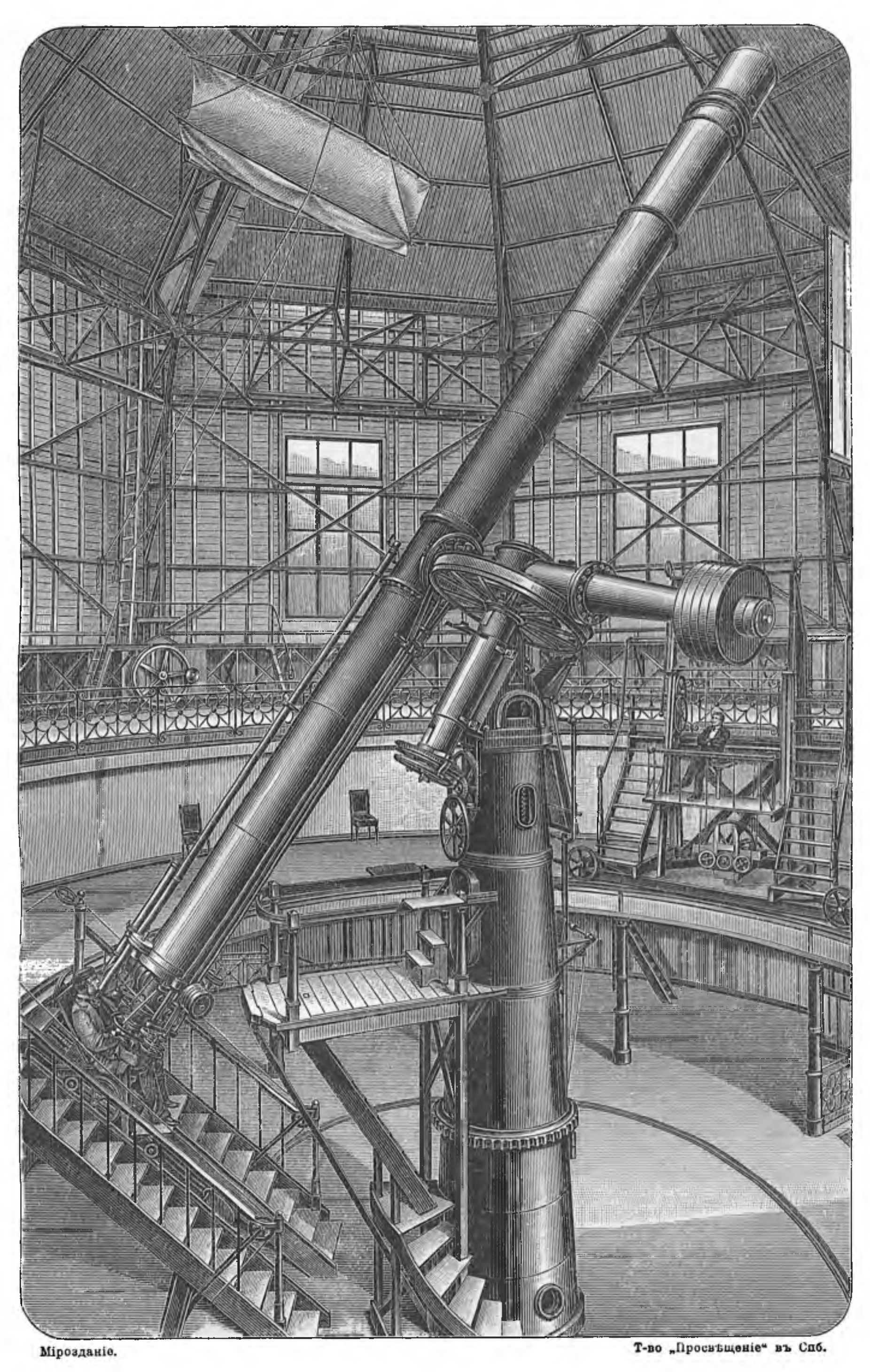
Все астрономическое искусство измѣренія сдѣлалось въ настоящее время поистинѣ кропотливымъ занятіемъ. Наблюденія и вычисленія ведутся цѣлые годы, для того чтобы нѣкоторыя постоянныя величины, какъ, напр., солнечный параллаксъ, которыя уже были опредѣлены съ точностью до пяти сотыхъ дуговой секунды, опредѣлить съ точностью до одной или двухъ сотыхъ секунды. Но такой точности не достигаютъ отдѣльныя наблюденія даже самыхъ лучшихъ наблюдателей и при лучшихъ инструментахъ, ибо одно единственное наблюденіе прохожденія, сдѣланное съ меридіаннымъ кругомъ, точно только до одной секунды, самое большое до полсекунды, не говоря о случайныхъ ошибкахъ, которыя могутъ встрѣчаться всегда. Отъ такихъ случайныхъ вліяній, не поддающихся разсчету, можно постепенно освободиться только частымъ повтореніемъ наблюденій, которыя приводятъ къ одному и тому же результату; при этомъ мы допускаемъ, что эти вліянія въ среднемъ измѣняютъ результатъ одинаково часто какъ въ ту, такъ и въ другую сторону, и потому средняя величина отъ нихъ не зависитъ. Систематически дѣйствующія ошибки неизвѣстнаго происхожденія астрономъ-вычислитель можетъ узнать и удалить изъ достаточно большого количества наблюденій при помощи такъ называемаго метода наименьшихъ квадратовъ. Это очень скучная вычислительная операція, которая примѣняется теперь при каждомъ большомъ астрономическомъ разсчетѣ. Методъ состоитъ въ томъ, что помощью простой и пригодной для всѣхъ случаевъ схемы, изъ очень большого числа уравненій съ числовыми коэффиціентами искомыя неизвѣстныя опредѣляются такимъ образомъ, чтобы при подстановкѣ найденныхъ ихъ значеній въ уравненія, сумма квадратовъ остающихся ошибокъ была наименьшая. При этомъ должно быть выполнено условіе, чтобы не преобладали ошибки въ какую нибудь одну сторону.

Мы видимъ, что астрономъ, который пытается достигнуть наивозможной точности, окруженъ массою мелкихъ ошибокъ, и что въ настоящее время его задача почти исключительно состоитъ въ томъ, чтобы давно извѣстные результаты освободить отъ послѣднихъ еще остающихся минимальныхъ ошибокъ,—и въ этой работѣ человѣческое остроуміе уже не разъ торжествовало свои побѣды.

Наблюденія съ меридіаннымъ кругомъ имѣютъ ту невыгоду, что могутъ быть производимы только въ плоскости меридіана или въ плоскостяхъ, весьма близкихъ къ меридіаннымъ; слѣдовательно, каждый разъ нужно ждать, чтобы звѣзда прошла черезъ эту плоскость. Если въ этотъ моментъ наблюденію помѣшала дурная погода, то надо ждать 24 часа, пока при суточномъ вращеніи земли звѣзда опять не придетъ въ то же самое положеніе. Для устраненія этого неудобства служитъ инструментъ, устроенный въ общемъ такъ же, какъ и меридіанный кругъ, но только въ немъ подшипники, на которые опираются цапфы оси, — неподвижныя въ первомъ инструментѣ, — могутъ также вращаться по горизонтальному кругу. Азимутъ этого инструмента, называемаго альтазимутомъ, можетъ проходить по длинѣ горизонта всѣ 360°. Такимъ образомъ онъ приспособленъ одновременно какъ для измѣренія высотъ, такъ и азимутовъ. Азимутомъ называютъ уголъ, отсчитываемый по горизонту отъ южной точки меридіана къ западу до вертикала свѣтила. Прилагаемый рисунокъ изображаетъ альтазимутъ, находящійся въ Женевской обсерваторіи. OO′ соотвѣтствуетъ здѣсь оси вращенія меридіаннаго круга; K — кругъ высотъ, а M — микроскопъ для отсчитыванія. Телескопъ находится въ самой оси вращенія. Позади объектива O, въ металлическій кубъ P вставлена стеклянная призма такимъ образомъ, что лучи, падающіе въ объективъ, отклоняются подъ прямымъ угломъ и въ направленіи оси вращенія идутъ въ окуляръ O′. Наблюдатель, слѣдовательно, всегда смотритъ въ телескопъ горизонтально. При большихъ инструментахъ этого рода телескопъ прикрѣпляется къ кубу P такимъ же образомъ, какъ въ меридіанномъ кругѣ; благодаря этому устраняются новые источники ошибокъ, которыя вводитъ призма. Всѣ эти части покоятся на колоннѣ C, которая также можетъ вращаться и служитъ поэтому вертикальной осью инструмента. На азимутальномъ кругѣ A, установленномъ въ точности горизонтально, можно при помощи микроскоповъ M^1 и M^2 отсчитывать уголъ, на который повернута верхняя часть инструмента изъ положенія меридіана.



Альтазимутъ Женевской обсерваторіи.



Міроздание.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Экваторіалъ съ отверстіемъ въ 32 дюйма на Пулковской обсерваторіи, близъ С.-Петербурга.

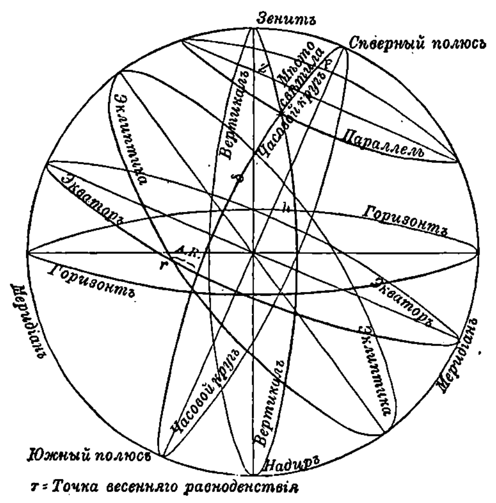
При помощи этого инструмента можно наблюдать во всякое время положеніе любой звѣзды надъ горизонтомъ и измѣрять ея прохожденіе черезъ какой бы то ни было вертикальный кругъ помимо меридіана. Альтазимуту безусловно было бы отдано предпочтеніе передъ меридіаннымъ кругомъ уже потому, что съ нимъ можно по желанію умножать наблюденія, все время слѣдя за звѣздою, если бы вслѣдствіе усложненія инструмента не вводились новые источники ошибокъ, которыя по необходимости должны понижать достоинство наблюденій. Здѣсь приходится имѣть дѣло съ двумя раздѣленными кругами и считаться съ ихъ ошибками, затѣмъ необходимо весьма тщательно слѣдить за горизонтальнымъ положеніемъ азимутальнаго круга, или опредѣлять соотвѣтственныя отклоненія, и кромѣ одного уровня J постоянно слѣдить еще за другимъ J′, который установленъ подъ прямымъ угломъ къ первому. Весь характеръ установки дѣлаетъ альтазимутъ менѣе устойчивымъ, чѣмъ меридіанный кругъ, находящійся на двухъ неподвижныхъ столбахъ. Поэтому послѣдній всегда останется важнѣйшимъ точнымъ инструментомъ астронома.

Если направить альтазимутъ на какую нибудь точку горизонта и повернуть его вокругъ оси C, то лучъ зрѣнія остается на горизонтѣ, и послѣдовательно пройдетъ 360 его азимутныхъ градусовъ. Но если мы повернемъ его вокругъ горизонтальной оси O^1P на 90^0, такъ что увидимъ зенитъ, то инструментъ все время остается направленнымъ на эту точку, сколько бы мы ни поворачивали его вокругъ вертикальной оси; лучъ зрѣнія неизмѣнно сохраняетъ вертикальное положеніе. Въ промежуточныхъ положеніяхъ горизонтальной оси, во время вращенія вертикальной оси, лучъ зрѣнія описываетъ по небесной сферѣ малые круги, которые тѣмъ больше, чѣмъ ближе они къ горизонту; они идутъ параллельно послѣднему. Такъ образуется на небесной сферѣ система круговъ, которые соотвѣтствуютъ кругамъ широты на земномъ глобусѣ, при чемъ здѣсь горизонтъ соотвѣтствуетъ экватору, а зенитъ — полюсу. Эти параллельные круги небеснаго шара называются *кругами высотъ*. Какъ на земномъ глобусѣ круги широтъ пересѣкаются подъ прямымъ угломъ меридіанами или *кругами долготы*, которые всѣ проходятъ черезъ полюсы, точно также и круги высотъ на небесномъ шарѣ пересѣкаются подъ прямымъ угломъ *вертикальными кругами*. Слѣдовательно, они пересѣкаютъ подъ прямымъ угломъ и линію горизонта, которую дѣлятъ на азимутальные градусы.

Съ помощью этой системы круговъ на видимой небесной сферѣ мы можемъ указать мѣсто звѣзды по ея высотѣ и азимуту такъ же, какъ положеніе какого либо мѣста на землѣ извѣстно, когда мы знаемъ его долготу и широту. Для высотъ начальною точкою отсчета, конечно, служитъ горизонтъ, тогда какъ для отсчета азимутовъ такъ же, какъ и для отсчета географической долготы нужно придти къ извѣстному условному соглашенію. Обыкновенно, азимуты отсчитываются отъ южной точки горизонта къ западу. Альтазимутъ помогаетъ быстро отыскать звѣзду, если высота и азимутъ ея даны для опредѣленнаго момента. Съ этою цѣлью вертикальную ось поворачиваютъ на уголъ азимута, а затѣмъ горизонтальную ось на уголъ высоты: въ соотвѣтственный моментъ звѣзда появится въ полѣ зрѣнія.

Но вслѣдствіе суточнаго движенія земли звѣзда въ каждое мгновеніе измѣняетъ высоту и азимутъ. Слѣдовательно, если мы желаемъ построить небесный глобусъ, на которомъ мѣста звѣздъ имѣли бы такія же неизмѣнныя координаты, каковы географическія, то надо отыскать другую систему круговъ. Таковую не трудно получить. Намъ извѣстно, что суточное движеніе звѣздъ совершается по кругамъ, которые идутъ параллельно другъ другу вокругъ нѣкоторой точки неба, не мѣняющей своего положенія для опредѣленнаго мѣста наблюденія, именно вокругъ *небеснаго полюса*. Изображеніе на стр. 49 фотографическаго снимка небеснаго

сѣвернаго полюса, съ его ближайшими окрестностями представляетъ это движеніе. Слѣды звѣздъ, въ видѣ частей круговъ, показываютъ пути, какіе различныя свѣтила описали на небѣ, пока фотографическая пластинка была выставлена. Углы между концами каждой изъ этихъ дугъ повсюду равны, дуги располагаются концентрически вокругъ одной точки, которая оставалась неподвижной. Чѣмъ больше разстояніе звѣзды отъ этой точки, тѣмъ большій кругъ она описываетъ. Самый большой кругъ соотвѣтствуетъ разстоянію 90° отъ полюса: это — кругъ небеснаго экватора. Отъ него круги опять съуживаются къ южному полюсу, который, для насъ, конечно, остается ниже горизонта. Если оставить въ сторонѣ собственныя и нѣкоторыя систематическія движенія, незначительныя въ сравненіи съ общимъ суточнымъ движеніемъ свѣтилъ, то положеніе послѣднихъ относительно экватора остается всегда неизмѣннымъ.



Системы координатъ на небѣ.

Угловое разстояніе звѣзды, считая отъ экватора по соотвѣтственному перпендикулярному кругу, совершенно такъ, какъ мы отсчитывали высоты отъ горизонта, представляетъ неизмѣнную координату этой звѣзды; ее называютъ склоненіемъ. Дополненіе склоненія до 90° есть разстояніе звѣзды отъ полюса, или ея полярное разстояніе. Для того, чтобы опредѣлить мѣсто звѣзды на небесномъ глобусѣ, намъ нужна еще вторая система круговъ, которые проходятъ подъ прямымъ угломъ къ параллельнымъ кругамъ одинаковаго склоненія и пересѣкаются въ небесныхъ полюсахъ. Эти круги можно такъ же отсчитывать по небесному экватору, какъ меридіаны по земному или вертикальные круги по горизонту. Начальная точка отсчета здѣсь также является произвольной. Такою начальною точкою для отсчитыванія избрали ничѣмъ не выдѣляющуюся на небѣ, такъ называемую, точку весенняго равноденствія. Она находится тамъ, гдѣ центръ солнца въ своемъ годичномъ пути пересѣкаетъ небесный экваторъ въ моментъ начала весны. Вторая координата, отсчитываемая отъ точки весенняго равноденствія по экватору, называется прямымъ восхожденіемъ звѣзды. Ее отсчитываютъ къ востоку. Вмѣсто этихъ мало удачныхъ обозначеній обѣихъ координатъ, прямого восхожденія и склоненія, были предложены болѣе простыя и болѣе понятныя обозначенія, экваторіальная долгота и широта, но онѣ не нашли себѣ права гражданства.

Кромѣ этихъ двухъ системъ круговъ на небесной сферѣ, съ которыми мы до сихъ поръ познакомились, астрономы пользуются еще третьей, которая примѣняется однако только при вычисленіяхъ, а не при наблюденіяхъ; это эклиптическія координаты: долгота и широта. Онѣ относятся къ годичному пути солнца, къ эклиптикѣ, которая нѣсколько наклонена къ экватору. Долготы въ этой системѣ, какъ и въ системѣ экватора, отсчитываются отъ точки весенняго равноденствія, которая является общею для обѣихъ системъ. Координаты этой системы по старому способу просто называются долготами и широтами.

Какъ уже сказано, экваторіальныя координаты звѣзды неизмѣнны.

Поэтому при помощи инструмента, который установленъ относительно системы экваторіальныхъ координатъ, какъ альтазимутъ устанавливается относительно системъ горизонтальныхъ координатъ, можно во всякое время отыскать звѣзду, для которой извѣстны ея постоянныя координаты. Подобный инструментъ представляетъ для наблюдателя значительное облегченіе, между тѣмъ какъ вычисленіе высоты и азимума звѣзды для даннаго момента во время наблюденія отнимаетъ много времени. Такимъ инструментомъ является экваторіалъ. Для того, чтобы понять основаніе его установки, представимъ себѣ альтазимутъ повернутымъ такъ, чтобы его вертикальная ось (C) была направлена какъ разъ на небесный полюсъ. На нашемъ рисункѣ большого пулковскаго экваторіала (см. прилагаемую таблицу) эту ось, называемую часовою, мы такъ же обозначили буквою C. На ней сверху находится кругъ A, дѣленія котораго показываютъ уже не азимутъ, а величину, соотвѣтствующую экваторіальной долготѣ или прямому восхожденію. Перпендикулярно къ часовой оси непосредственно надъ кругомъ A помѣщается ось склоненій DD^1; соотвѣтствующая оси O^1B альтазимута; она вращается, какъ и эта послѣдняя, а кругъ K, очень небольшой здѣсь, какъ и въ альтазимутѣ, служитъ для установки телескопа въ соотвѣтственномъ направленіи. Этотъ кругъ стоитъ на 0^0, когда инструментъ направленъ на небесный полюсъ. Самый телескопъ укрѣпляется около круга K совершенно такъ же, какъ въ большихъ альтазимутахъ, въ которыхъ объективъ не снабженъ призмой.

Нулевою точкою круга, параллельнаго экватору, нельзя взять направленіе точки весенняго равноденствія, такъ какъ эта точка сама участвуетъ съ небесной сферой въ суточномъ движеніи, а инструментъ съ кругомъ долженъ имѣть неподвижную установку. Поэтому и здѣсь начальною точкою для отсчета выбираютъ меридіанъ. Тотъ уголъ, на какой звѣзда въ данный моментъ удалена отъ меридіана, считая по экватору, называютъ часовымъ угломъ, потому что онъ всегда одинъ и тотъ же для всѣхъ звѣздъ, отъ момента кульминаціи которыхъ прошло одинаковое время. Этотъ уголъ измѣряютъ прямо временемъ, т. е. говорятъ, напр., что звѣзда имѣетъ часовой уголъ въ 55 минутъ, если такое время прошло послѣ ея прохожденія черезъ меридіанъ.

Надо замѣтить, что при этомъ употребляется, такъ называемое, звѣздное время, сутки котораго считаются между двумя послѣдовательными прохожденіями точки весенняго равноденствія черезъ меридіанъ. При каждомъ астрономическомъ инструментѣ ставятся часы, идущіе по звѣздному времени, стрѣлка которыхъ всегда показываетъ часовой уголъ точки весенняго равноденствія. Для того, чтобы получить въ данный моментъ часовой уголъ какой-либо звѣзды, нужно только вычесть изъ звѣзднаго времени въ данный моментъ экваторіальную долготу (т. е. прямое восхожденіе, обозначаемое буквою α) этой звѣзды. Для того, чтобы свѣтило имѣть въ полѣ зрѣнія, стоитъ только повернуть на этотъ уголъ телескопъ, если, конечно, предварительно онъ установленъ по кругу склоненія для полярнаго разстоянія даннаго свѣтила ($p = 90^0 - \delta$, этою буквою обозначается склоненіе). Какъ уже сказано, α отсчитывается къ востоку, т. е. въ сторону, противоположную суточному движенію неба, причемъ выражается также въ часахъ, минутахъ и т. д., а не въ градусахъ. Если мы обозначимъ звѣздное время въ данный моментъ Θ, часовой уголъ τ, то будемъ имѣть $\tau = \Theta - \alpha$. Чтобы избѣжать и этого простого вычитанія, которое, однако, необходимо для опредѣленія по „часовому кругу“ A, этотъ послѣдній окружаютъ въ настоящее время другимъ кругомъ, который снабженъ часовымъ механизмомъ, идущимъ по звѣздному времени, такъ что 0^0 этого круга всегда указываетъ на точку весенняго равноденствія.

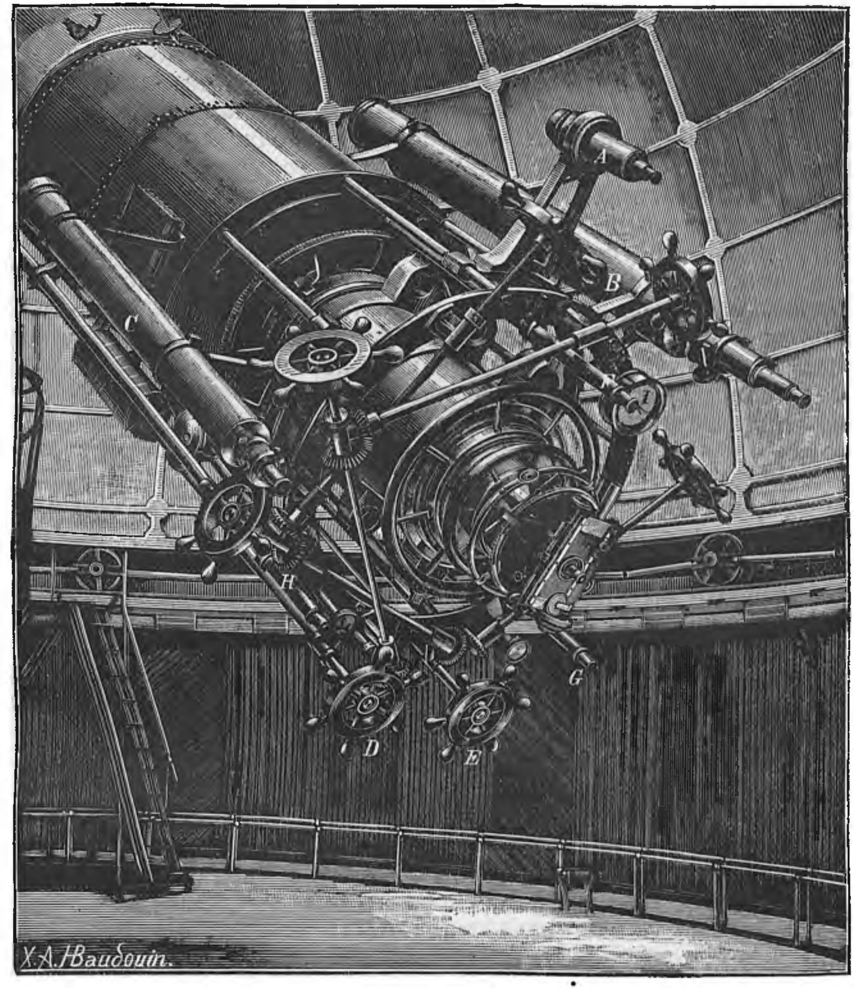
Съ такимъ инструментомъ, слѣдовательно, экваторіальныя долготы или восхожденія свѣтилъ могутъ отсчитываться непосредственно.

Когда не могли еще и думать о томъ, чтобы строить эти экваторіалы значительно бóльшихъ размѣровъ, чѣмъ меридіанные круги или альтазимуты, то пытались достигнуть съ ними такой же точности, какъ и со вторыми, т. е. стремились при помощи двухъ круговъ производить абсолютныя наблюденія. Но съ теченіемъ времени экваторіалы постепенно стали принимать гигантскіе размѣры, такъ что теперь однѣ стекляныя чечевицы имѣютъ нѣсколько центнеровъ вѣсу, а трубы достигаютъ высоты домовъ. Поэтому нынѣ уже невозможно дѣлать ихъ настолько устойчивыми, чтобы удавалось избѣгать весьма большихъ ошибокъ при наблюденіяхъ. Подобныя ошибки, неподдающіяся разсчетамъ, являются неизбѣжнымъ результатомъ недостаточнаго сопротивленія матеріаловъ при различныхъ положеніяхъ инструмента. Самымъ большимъ инструментомъ этого рода въ настоящее время является рефракторъ Іеркеса, установленный недалеко отъ Чикаго (см. рис. стр. 32), который превзошелъ по величинѣ ликскій телескопъ. Въ вертикальномъ положеніи объективъ этого рефрактора находится на высотѣ 22 м. надъ поломъ помѣщенія для наблюденія; точка вращенія лежитъ на высотѣ $13^1/_4$ м. Стальная труба его имѣетъ 19 м. въ длину, а діаметръ поперечнаго ея сѣченія $1^1/_{10}$ м. Труба одна вѣситъ 5450 кгрм., а весь инструментъ 68,000 кгрм. Объективъ съ поперечникомъ въ $101^1/_2$ см. состоитъ, какъ извѣстно, изъ двухъ частей: кронгласъ имѣетъ въ срединѣ $7^2/_3$ см. толщины, по краю $2^1/_4$ см., вогнутый флинтгласъ въ срединѣ — $3^4/_5$ см., по краю 7 см. Въ виду такихъ размѣровъ, уже давно пришлось отказаться отъ мысли производить съ экваторіаломъ абсолютныя наблюденія, т. е. такія, которыя прямо можно относить къ постояннымъ точкамъ земли. При работѣ съ нимъ довольствуются *дифференціальными наблюденіями*, т. е. опредѣляютъ разницу въ положеніяхъ неизвѣстнаго объекта отъ какого-нибудь близкаго къ нему извѣстнаго, мѣсто котораго опредѣляютъ наблюденіемъ съ меридіаннымъ кругомъ. При такихъ дифференціальныхъ наблюденіяхъ нужно только стремиться къ тому, чтобы инструментъ во время наблюденій оставался неподвижнымъ, такъ чтобы ошибки его установки не могли мѣняться за это время. Тогда въ найденную разность ошибки не войдутъ. Установка инструмента и раздѣленные круги служатъ здѣсь исключительно для того, чтобы отыскивать на небѣ данный объектъ, который хотятъ наблюдать, другими словами послѣдніе служатъ *кругами искателями*.

Взамѣнъ этого облегченія въ конструкціи подобныхъ гигантскихъ инструментовъ, въ установкѣ и устойчивости которыхъ не гонятся за крайнею степенью точности, появляются за то другія неудобства, какъ результатъ большой длины и значительной тяжести телескопа. Оба круга должны обязательно помѣщаться на концахъ обѣихъ осей. Телескопъ помѣщается на срединѣ оси склоненія, чтобы его вѣсъ распредѣлялся равномѣрно. Поэтому въ большихъ экваторіалахъ круги удалены отъ окуляра на нѣсколько метровъ. Въ самихъ большихъ инструментахъ это разстояніе доходитъ до 9 метровъ, и по крайней мѣрѣ на такой же высотѣ отъ пола помѣщенія должны находиться и круги искатели; они устанавливаются на столбѣ, который долженъ держать на себѣ колоссальный вѣсъ инструмента. Для того, чтобы добраться до нихъ и отсчитывать дѣленія, надо было бы подниматься на нѣсколько этажей. Но этого необходимо избѣгать: это утомляло бы наблюдателя, или ставило бы его въ зависимость отъ помощника. Весьма важно, чтобы наблюдатель, находясь у окуляра, могъ сразу обозрѣвать всѣ соотвѣтственныя части инструмента и переставлять ихъ, особенно же отсчитывать дѣленія круговъ. Приспо-

собленія, служащія для этой цѣли, постепенно загромоздили окулярный конецъ большого рефрактора такою массою винтовъ, стержней, зубчатыхъ колесъ и вспомогательныхъ окуляровъ, что не астроному и не отыскать среди нихъ самаго окуляра, въ который надо смотрѣть.

Здѣсь мы даемъ рисунокъ, изображающій окулярный конецъ тридцатишестидюймоваго ликскаго рефрактора. F, G и H — длинные микро-



Окулярный конецъ 36-ти дюймоваго Ликскаго рефрактора.

скопы, которые доходятъ до средней части телескопа. Они снабжены системою призмъ, такъ что при помощи ихъ можно отсчитывать дѣленія на кругѣ склоненія и часовомъ кругѣ во всякомъ положеніи. Ручки D E, напоминающія рулевыя колеса, служатъ для закрѣпленія инструмента въ обоихъ направленіяхъ. Если повернуть эти ручки до тѣхъ поръ, пока онѣ не остановятся, то инструментъ, который сначала свободно можно было двигать рукой, послѣ этого прочно закрѣпляется къ столбу. Но остальныя ручки, находящіяся на окулярномъ концѣ и имѣющія такой же видъ, позволяютъ сообщать инструменту незначительныя движенія. По возможности ихъ устраиваютъ въ разныхъ положеніяхъ для удобства наблюдателя, который долженъ манипулировать ими вполнѣ увѣренно въ то время, какъ глазъ его находится у окуляра. A, B и C суть, такъ на-

зываемые, телескопы-искатели, которые установлены параллельно оптической оси большаго телескопа и могутъ двигаться только одновременно съ нимъ. Они даютъ меньшее увеличеніе, но вмѣстѣ съ тѣмъ имѣютъ большее поле зрѣнія, чѣмъ самый гигантъ. Съ ними легче отыскать какъ объекты, мѣсто которыхъ извѣстно не вполнѣ точно, такъ и извѣстныя звѣзды при недостаточно тщательной установкѣ инструмента. Конечно, искателемъ можно пользоваться только при томъ условіи, если объекты не обладаютъ столь слабымъ свѣтомъ, что могутъ быть видимы только въ большую трубу. Когда найденный объектъ помѣщенъ въ средину поля зрѣнія искателя, то онъ оказывается также въ срединѣ поля зрѣнія и большого телескопа. Въ среднихъ телескопахъ довольствуются обыкновенно однимъ искателемъ. Три искателя ликскаго рефрактора назначаются для различныхъ цѣлей. Самый большой изъ нихъ В самъ по себѣ представляетъ уже довольно значительный телескопъ; отверстіе его объектива равно 6 дюймамъ.

Очень много искусства требуетъ также устройство освѣтительныхъ приспособленій. Различныя части инструмента должны быть освѣщены ночью, чтобы можно было легко производить отсчеты, но въ то же время помѣщеніе для наблюденія должно оставаться какъ можно менѣе освѣщеннымъ, для того, чтобы глазъ сохранялъ необходимую чувствительность. Кромѣ того лампы должны быть поставлены такъ, чтобы части, служащія для измѣренія, не подвергались расширенію отъ нагрѣванія. Для этой цѣли особая сложная система призмъ отбрасываетъ въ различныхъ направленіяхъ лучи свѣта даже и въ самомъ телескопѣ. Особенное вниманіе должно быть обращено на освѣщеніе нитей микрометра, который, какъ и въ меридіанномъ кругѣ, находится тотчасъ позади окуляра (относительно глаза наблюдателя), но при этомъ разсѣянный свѣтъ источника вовсе не долженъ освѣщать поле зрѣнія, ибо въ рефракторъ приходится часто различать самыя слабыя свѣтовыя мерцанія и измѣрять ихъ положеніе. Въ виду этого необходимо, чтобы наблюдатель могъ регулировать освѣщеніе нитей быстро и легко такъ, чтобы въ случаѣ надобности отъ нитей могъ оставаться едва замѣтный слѣдъ. Другимъ наблюденіямъ, наоборотъ, нѣсколько разсѣянный свѣтъ внутри телескопа не мѣшаетъ; а такъ какъ наблюденія выигрываютъ въ точности, если нити видны темными на свѣтломъ фонѣ, то важно, чтобы можно было весь способъ освѣщенія мѣнять движеніемъ одной рукоятки и переходить отъ темнаго поля зрѣнія со свѣтлыми нитями къ свѣтлому полю съ темными нитями.

Особенную тщательность надо приложить, конечно, къ микрометру, которымъ производится самое измѣреніе. Онъ устроенъ въ общихъ чертахъ совершенно такъ же, какъ микрометръ въ меридіанномъ кругѣ, но только въ рефракторѣ вся система подвижныхъ и неподвижныхъ нитей можетъ вращаться вокругъ оптической оси. Вращеніе всего микрометра отсчитываютъ по позиціонному кругу (кругъ положеній), который находится какъ разъ позади салазокъ микрометра. Головка винта микрометра дѣлается очень большая и имѣетъ форму барабана, на которомъ нанесены мелкія дѣленія, такъ что на немъ можно отсчитывать сотыя доли одного оборота винта. Другой кружокъ — счетчикъ, соединенный съ нимъ, показываетъ число полныхъ оборотовъ винта.

Съ такимъ микрометромъ можно производить двоякаго рода наблюденія. При помощи однихъ наблюденій опредѣляютъ разности между экваторіальными долготами и широтами неизвѣстнаго объекта и какого нибудь извѣстнаго, такъ называемой звѣзды сравненія. Въ другомъ случаѣ измѣряютъ кратчайшее разстояніе между обоими свѣтилами, а также опредѣляютъ направленіе соединяющей ихъ линіи относительно какого нибудь извѣстнаго постояннаго направленія.

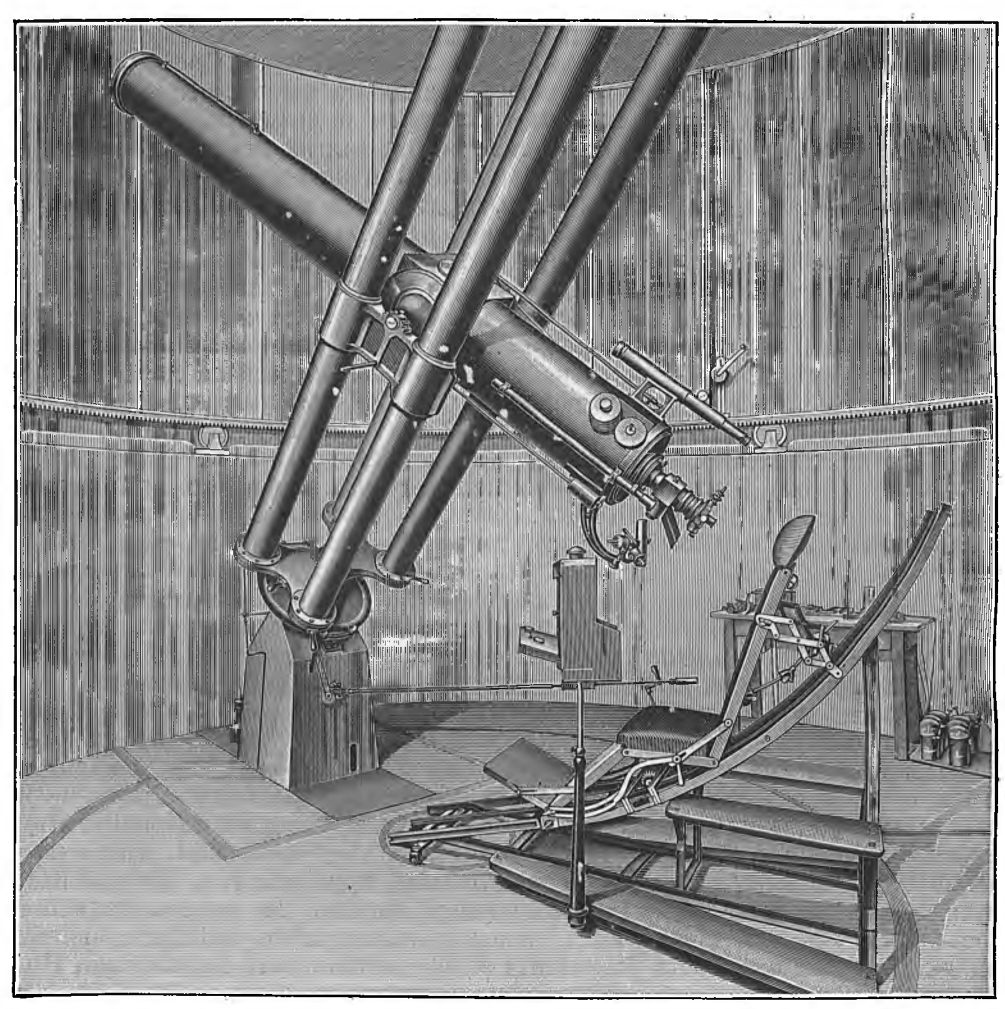
Необходимость удерживать во время измѣренія оба свѣтила въ полѣ зрѣнія вноситъ еще новое усложненіе въ устройство экваторіала. Онъ долженъ быть снабженъ точнымъ часовымъ механизмомъ, который одинъ разъ въ 24 часа поворачивалъ бы гигантскій инструментъ вокругъ его часовой оси. Въ такомъ случаѣ, при экваторіальной установкѣ, онъ въ суточномъ движеніи будетъ слѣдить за любой звѣздой, на которую направленъ, все равно находится ли она близъ полюса или на экваторѣ. Устройство такого механизма представляетъ большія затрудненія; всѣ наши часы работаютъ скачками, а помимо часового механизма точная регулировка достигается съ трудомъ. Но часовой механизмъ рефрактора долженъ двигаться столь равномѣрно, чтобы звѣзда, не смотря на увеличеніе ея суточнаго движенія во много сотъ разъ, оставалась неизмѣнно позади той точки, которая отмѣчена пересѣченіемъ двухъ паутинныхъ нитей. Хотя телескопъ и уравновѣшенъ такъ точно, что, не смотря на его вѣсъ, равный десяткамъ центнеровъ, наблюдатель можетъ легко управлять имъ, всетаки приходится преодолѣвать значительное треніе, нѣсколько измѣняющееся при различныхъ положеніяхъ телескопа. И не взирая на это, часовой механизмъ всегда долженъ работать равномѣрно. Большею частью пытаются разрѣшить затрудненіе примѣненіемъ центробѣжнаго коническаго маятника. Въ рефракторѣ Ураніи, по образцу женевскаго, примѣнено электричество, какъ для передвиженія, такъ и для регулировки. При такомъ условіи можно придавать двигательному механизму весьма малые размѣры.

Часовой механизмъ зацѣпляетъ мелко зубчатый секторъ или полный кругъ, находящійся на часовой оси. Оставаясь около окуляра, можно или соединить секторъ съ часовой осью, тогда телескопъ будетъ слѣдовать за суточнымъ движеніемъ, или отдѣлить отъ нея, когда хотятъ опредѣлять разность прямыхъ восхожденій, наблюдая прохожденіе свѣтилъ. Какой изъ двухъ способовъ наблюденія примѣнить въ данномъ случаѣ, это зависитъ прежде всего отъ углового разстоянія обоихъ измѣряемыхъ объектовъ.

Методъ измѣренія разностей экваторіальныхъ долготъ и широтъ (прямыхъ восхожденій и склоненій) допускаетъ иногда такое большое разстояніе между измѣряемымъ объектомъ и основнымъ свѣтиломъ, что нѣтъ надобности имѣть ихъ одновременно въ полѣ зрѣнія. Между прохожденіями того и другого объекта можетъ протечь 5—10 минутъ; только разница въ склоненіяхъ не должна быть больше поля зрѣнія. При опредѣленіи мѣста кометъ и малыхъ планетъ часто приходится звѣзду сравненія, мѣсто которой опредѣлено довольно точно меридіаннымъ кругомъ, т. е. которое находится въ звѣздномъ каталогѣ, отыскивать именно на такомъ большомъ разстояніи. Отъ той точности, съ какою извѣстно мѣсто звѣзды сравненія, понятно, зависитъ точность результата дифференціальнаго наблюденія. Прямое измѣреніе такихъ объектовъ меридіаннымъ кругомъ рѣдко бываетъ возможно, такъ какъ они обладаютъ слишкомъ слабымъ свѣтомъ. При свѣтилахъ, быстро проходящихъ, какъ напр. кометы, хотя бы онѣ и были доступны для меридіаннаго круга, не прибѣгаютъ къ послѣднему, изъ боязни измѣнчивости погоды, которая можетъ помѣшать измѣренію въ моментъ самаго прохожденія черезъ меридіанъ. Часто также прохожденіе свѣтилъ черезъ меридіанъ совершается днемъ. Методъ измѣренія угла положенія и разстоянія примѣняется преимущественно къ объектамъ, находящимся близко другъ къ другу, какъ, напр., къ двойнымъ звѣздамъ, когда изслѣдуютъ только измѣненіе въ положеніи одной звѣзды относительно другой, обыкновенно измѣненіе въ положеніи слабаго спутника относительно главной звѣзды. Для такихъ цѣлей послѣдній методъ представляетъ гораздо бóльшую точность, чѣмъ методъ наблюденія прохожденій.

Описанные и изображенные до сихъ поръ экваторіалы имѣютъ, такъ называемую, нѣмецкую установку: въ рединѣ они поддерживаются вер-

тикальнымъ столбомъ, на которомъ покоится вся ихъ тяжесть. Этотъ столбъ, по крайней мѣрѣ, при инструментахъ среднихъ размѣровъ, представляетъ неудобства при наблюденіи въ зенитѣ, такъ какъ въ этомъ случаѣ телескопъ помѣщается весьма близко къ столбу, въ параллельномъ ему направленіи. Для устраненія этого, а также и другихъ неудобствъ,

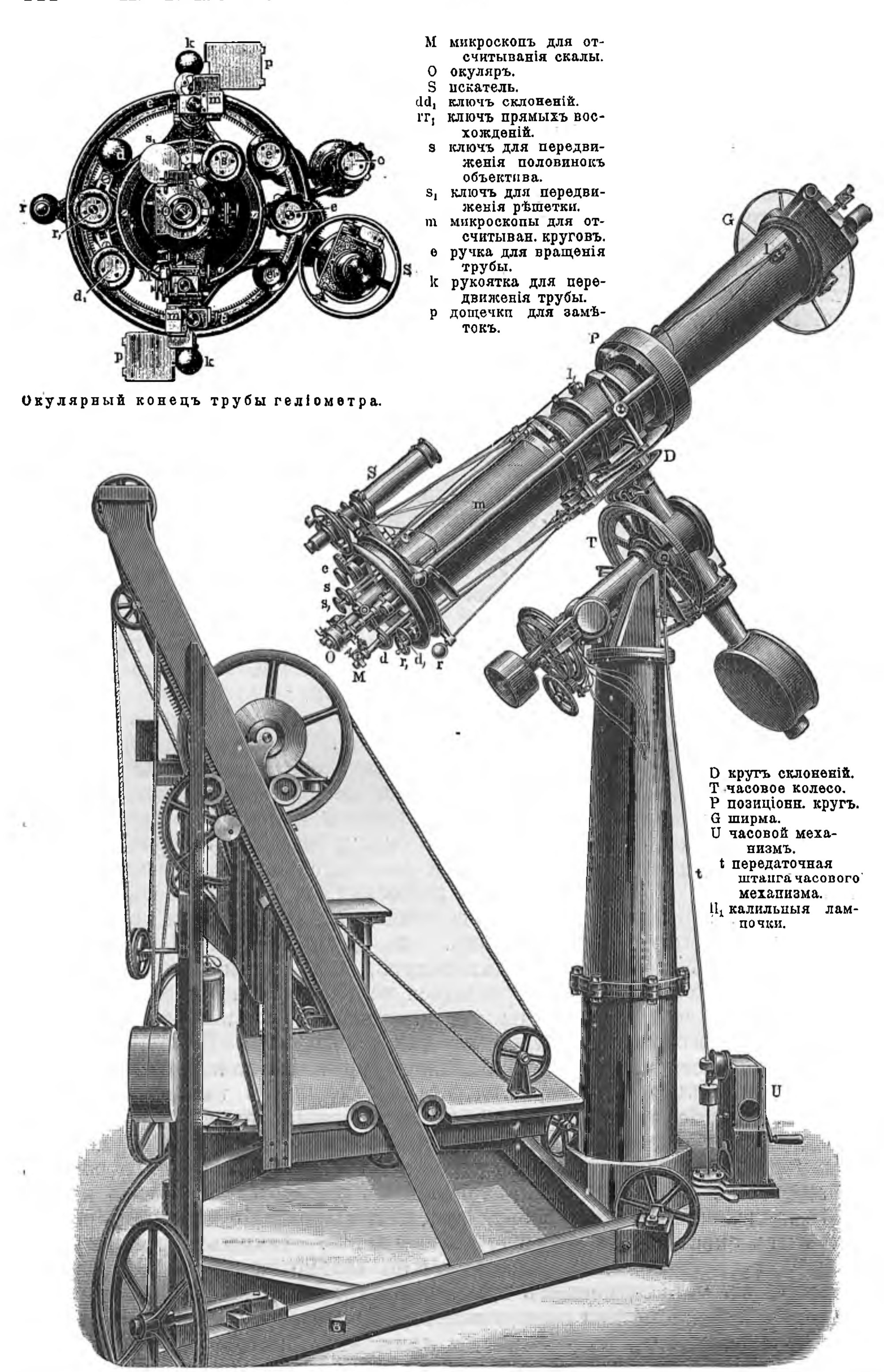


Десятидюймовый Женевскій рефракторъ (англійская установка).

существуетъ, такъ называемая, англійская установка, какую, напр., имѣетъ десятидюймовый рефракторъ въ Женевѣ (см. прилаг. рис.). Онъ покоится на двухъ столбахъ: на высокомъ — съ сѣвера и низкомъ — съ юга. Направленіе между осевыми подшипниками обоихъ столбовъ какъ разъ соотвѣтствуетъ направленію между небесными полюсами, т. е. оси міра. Между ними вращается полярная или часовая ось инструмента, которая въ этомъ случаѣ должна быть длиннѣе самаго инструмента. Она состоитъ изъ четырехъ желѣзныхъ столбовъ, въ срединѣ между ними проходитъ ось склоненія, а на ней уже помѣщается телескопъ. Съ инструментами подобной установки очень удобно наблюдать въ зенитѣ, но неудобно наблюдать полюсъ; кромѣ того, для наблюденія свѣтилъ вблизи полюса наблюдателю очень мѣшаетъ часовой кругъ, находящійся на южномъ столбѣ.

Тотъ и другой родъ установки имѣютъ то общее свойство, что окуляръ можетъ занимать любое мѣсто на поверхности полусферы, діаметръ которой равенъ какъ разъ длинѣ инструмента. Слѣдовательно, при современныхъ колоссальныхъ телескопахъ глазъ наблюдателя долженъ считаться съ разницею въ высотѣ, которая доходитъ до 9 м., смотря по тому, наблюдаетъ ли онъ въ зенитѣ или на горизонтѣ. Въ виду этого устраиваютъ особыя кресла для наблюдателя, которыя въ концѣ концовъ превратились въ цѣлыя громадныя лѣстницы значительной высоты. Онѣ могутъ передвигаться по рельсамъ. На рисункѣ пулковскаго рефрактора можно видѣть два такихъ кресла, которыя могутъ двигаться вокругъ инструмента на двухъ различныхъ высотахъ. Для избѣжанія такихъ громоздкихъ приспособленій въ Ликской обсерваторіи и въ обсерваторіи Ураніи въ Берлинѣ примѣнены гидравлическія подъемныя машины, которыми можно поднимать весь полъ, со всѣми находящимися на немъ принадлежностями, на такую высоту, какая всего удобнѣе для даннаго наблюденія. Но машинныя приспособленія, какихъ требуетъ такое подвижное кресло, особенно при большихъ инструментахъ, очень сложны и дороги. Экваторіалы и безъ того крайне дорогіе инструменты. Напр., двѣнадцатидюймовый инструментъ обсерваторіи Ураніи стоилъ 50,000 марокъ, Ликскій рефракторъ стоилъ 2—3 милліона марокъ. Поэтому неоднократно старались придумать конструкціи такого рода, которыя, не смотря на длину телескопа, требовали бы меньшаго движенія окуляра. На Женевскомъ рефракторѣ это достигнуто тѣмъ, что телескопу придана форма пушки; окулярный конецъ трубы больше и тяжелѣе. Благодаря этому условію, телескопъ уравновѣшенъ такимъ образомъ, что ось склоненія безъ нарушенія равновѣсія проходитъ на разстояніи трети всей длины телескопа отъ окуляра, такъ что окуляръ описываетъ вдвое меньшій кругъ, чѣмъ объективъ.

Вопросъ объ удобствѣ наблюдателя идеально разрѣшенъ, такъ называемымъ, „ломанымъ“ экваторіаломъ (Equatorial coudé), построеннымъ впервые для Парижской обсерваторіи. Въ немъ окуляръ вовсе неподвиженъ; вмѣстѣ съ микрометромъ и остальными частями, необходимыми для передвиженія инструмента, окуляръ помѣщенъ въ особой комнатѣ, и наблюдатель сидитъ на обыкновенномъ стулѣ передъ окуляромъ, какъ передъ пюпитромъ. Ось, на верхнемъ концѣ которой находится окуляръ, параллельна направленію между обоими небесными полюсами, т. е. совпадаетъ съ осью міра. Эта ось инструмента установлена точно такъ же, какъ и при англійскомъ способѣ обычныхъ экваторіаловъ, — на двухъ столбахъ, высокомъ и низкомъ. Какъ въ женевскомъ альтазимутѣ, она составляетъ въ то же время часть телескопа и можетъ вращаться только вокругъ своей продольной оси. Другая часть телескопа устанавливается перпендикулярно къ этой оси и находится внѣ помѣщенія для наблюденій. Внизу, въ томъ мѣстѣ, гдѣ обѣ части сходятся, неподвижно укрѣплено тонко отшлифованное плоское металлическое зеркало, которое служитъ только для того, чтобы лучи, идущіе по объективной части телескопа, направлять въ окуляръ по другой его части, расположенной въ направленіи оси міра. Зеркало устанавливается поэтому подъ угломъ въ 45^0 къ направленію обѣихъ частей телескопа. Слѣдовательно, тогда какъ окуляръ направленъ на полюсъ, объективъ направленъ на экваторъ, и при вращеніи телескопа объективъ охватитъ экваторъ на всемъ его протяженіи. Такимъ образомъ, безъ дальнѣйшей перестановки, мы наблюдали бы только экваторъ. Но передъ объективомъ, въ металлическомъ кубѣ, находится второе плоское зеркало, которое можетъ наклоняться перпендикулярно экватору, и такимъ образомъ можетъ отбрасывать сквозь объективъ лучи отъ звѣздъ всякой экваторіальной широты или склоненія. Благодаря этому, инструментъ охватываетъ все небо или большую часть его. На Парижской обсерваторіи сна-



Окулярный конецъ трубы геліометра.

Геліометръ. Репсольда.

чала былъ устроенъ маленькій инструментъ этого рода, а затѣмъ большой. Кромѣ Парижской одна только Вѣнская обсерваторія имѣетъ небольшой телескопъ подобнаго рода.

На совершенно иномъ принципѣ, чѣмъ описанные до сихъ поръ инструменты, основаны измѣренія при помощи, такъ называемаго, геліометра, который является точнѣйшимъ измѣрительнымъ инструментомъ для опредѣленія малыхъ угловъ между двумя объектами, видимыми одновременно въ полѣ зрѣнія (см. рис. стр. 444). Его конструкція основывается на томъ, что каждая часть его составного объектива даетъ полное изображеніе предмета. Если раздѣлить объективъ на двѣ половины и сдвинуть ихъ относительно другъ друга, то получаются два изображенія отъ предмета, которыя будутъ находиться на такомъ же разстояніи другъ отъ друга, на какое сдвинуты обѣ половины объектива. Слѣдовательно, величина этого сдвига можетъ служить мѣрою углового разстоянія двухъ точекъ объекта, если мы ихъ сблизимъ до взаимнаго слiянія на обѣихъ половинахъ изображенія. Напр., если мы хотимъ опредѣлить поперечникъ планетнаго диска, то мы сдвигаемъ обѣ половины объектива до тѣхъ поръ, пока отдѣльныя изображенія планетнаго диска какъ разъ коснутся другъ друга своими краями, и затѣмъ опредѣляемъ сдвигъ половинъ объектива или при помощи оборотовъ микрометрическаго винта, какъ въ экваторіалѣ, или прямо отсчитываемъ его по плоскому масштабу съ помощью микроскопа М. Для этой цѣли къ салазкамъ, по которымъ сдвигаются половины объектива, придѣлываютъ мелкую шкалу на серебрѣ. Для того, чтобы можно было приводить до взаимнаго слiянія точки, находящіяся въ любомъ положеніи, необходимо еще, чтобы весь объективъ вращался вокругъ оптической оси телескопа. Это дѣлаютъ со стороны окуляра. Такимъ способомъ можно опредѣлять и позиціонный уголъ такъ же, какъ микрометромъ обыкновеннаго экваторіала. Въ остальномъ приспособленія для передвиженія инструментовъ того и другого рода одни и тѣ же. Въ геліометрѣ нѣтъ только микрометрическихъ нитей и приспособленій для освѣщенія ихъ. Какъ бы ни были тонки эти нити, однако, при измѣреніи очень малыхъ угловыхъ разстояній, онѣ всегда вносятъ нѣкоторую неточность, которая устранена въ геліометрѣ. За то свѣтъ измѣряемаго объекта ослабляется въ этомъ инструментѣ въ половину, такъ какъ весь свѣтъ его раздѣляется на двѣ части. Построенные до сихъ поръ геліометры, сравнительно съ современными гигантскими экваторіалами, имѣютъ скромные размѣры, таковыми же они, конечно, останутся и впослѣдствіи, такъ какъ врядъ ли кто нибудь рѣшится удачный большой объективъ рѣзать на двѣ половины. Поэтому нѣкоторые вопросы измѣрительной астрономіи останутся недоступными для геліометра, благодаря его сравнительно небольшой оптической силѣ. Но зато цѣлый рядъ другихъ измѣреній, особенно на солнцѣ (откуда геліометръ и получилъ свое названіе), достигъ, благодаря ему, точности, недоступной при другихъ методахъ. Такъ, напр., во время послѣдняго прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ геліометръ оказалъ громадныя услуги.

При обычной нынѣ установкѣ экваторіаловъ необходимою принадлежностью является вращающійся куполъ, который строятъ надъ этими инструментами. Онъ служитъ для того, чтобы предохранять отъ перемѣнъ погоды художественныя произведенія техническаго искусства, которыя находятся во всѣхъ частяхъ инструмента. Объ этомъ куполѣ можно было бы и не говорить, какъ и о другихъ постройкахъ обсерваторіи, если бы затрудненія, связанныя съ его устройствомъ для большихъ инструментовъ, и стоимость его не были слишкомъ значительны, такъ что нынѣ они являются очень чувствительнымъ тормазомъ для дальнѣйшаго развитія самихъ телескоповъ. По мѣрѣ увеличенія размѣровъ инструментовъ, по-

стройка башенъ для нихъ становится все дороже и дороже самихъ инструментовъ. Поэтому-то и не рѣшаются устраивать еще бóльшихъ телескоповъ, отливать и шлифовать еще бóльшіе объективы. Большой куполъ ликскаго рефрактора имѣетъ въ вышину почти 25 м. и вѣситъ 90,262 клгр. Такая тяжесть должна въ нѣсколько минутъ дѣлать полный оборотъ по кругу, такъ какъ люкъ, который находится въ куполѣ и по желанію можетъ быть открываемъ и закрываемъ, приходится, смотря по надобности, помѣщать въ различныхъ направленіяхъ. Хотя необходимая для этого работа и можетъ быть совершена машиною, но всетаки большимъ затрудненіемъ при устройствѣ такого громаднаго желѣзнаго купола является неравномѣрное расширеніе его при различныхъ температурахъ. При этомъ зазоръ, нужный для движенія купола, уменьшается, или исчезаетъ вовсе, механизмъ тормозится и теряетъ возможность двигаться; вслѣдствіе этого всякое наблюденіе дѣлается невозможнымъ. Интереснымъ способомъ эти затрудненія преодолѣны при большомъ рефракторѣ въ Ниццѣ, который принадлежитъ къ гигантскимъ инструментамъ новѣйшаго времени. Куполъ, сооруженный строителемъ Эйфелевой башни, плаваетъ въ смѣси изъ воды и глицерина; вслѣдствіе этого онъ движется очень легко безъ какихъ либо сложныхъ вспомогательныхъ средствъ. Къ счастію Ницца пользуется такимъ климатомъ, гдѣ нечего опасаться, что куполъ примерзнетъ; но въ нашихъ широтахъ пришлось бы помѣщать куполъ такимъ же образомъ въ ртути, а это опять таки чрезвычайно удорожило бы его стоимость.

Какъ мы уже говорили, къ важнѣйшимъ измѣрительнымъ инструментамъ астронома принадлежатъ часы. Они нужны ему не только для того, чтобы опредѣлять моменты, когда свѣтила занимаютъ извѣстныя положенія, но также и для прямыхъ угловыхъ измѣреній. На экваторіалѣ измѣряютъ разницу часового угла двухъ свѣтилъ по времени, какое протекаетъ между ихъ прохожденіями черезъ систему нитей; точно также наблюденное меридіаннымъ кругомъ вступленіе свѣтила въ меридіанъ, по звѣздному времени, даетъ непосредственно его угловое разстояніе отъ точки весенняго равноденствія. т. е. его экваторіальную долготу (прямое восхожденіе), выраженную во времени. Ту же мелочную заботливость, какую астрономъ прилагаетъ для опредѣленія ошибокъ телескопа, онъ долженъ приложить и къ опредѣленію ошибокъ своихъ часовъ.

Регуляторомъ въ точныхъ часахъ, о какихъ здѣсь только и можетъ быть рѣчь, служитъ размахъ качающагося маятника, т. е. стержня, на одномъ концѣ котораго находится грузъ, другой же конецъ подвѣшенъ по возможности свободно. Если этотъ стержень вывести изъ вертикальнаго положенія покоя, и предоставить ему свободно качаться подъ вліяніемъ тяжести, то эти колебанія всякаго маятника неизмѣнной длины будутъ во всѣхъ случаяхъ происходить въ совершенно равные промежутки времени, если дѣйствіе тяжести, приводящее маятникъ въ движеніе, остается постояннымъ. Это есть теоретическое требованіе, которое не зависитъ отъ какихъ либо предшествующихъ опытовъ, основанныхъ на измѣреніи времени. Физикъ можетъ доказать намъ, что дѣйствіе тяжести въ опредѣленной точкѣ земной поверхности есть сила наиболѣе постоянная, какую мы только знаемъ во всей области явленій природы. Маятникъ собственно и есть иструментъ астронома для измѣренія времени, и мы увидимъ, какъ много удивительныхъ завоеваній въ своей области изслѣдованія астрономъ сдѣлалъ благодаря безпрерывному и хлопотливому наблюденію надъ качаніями маятника. Всѣ остальныя части нормальныхъ часовъ — только второстепенныя приспособленія, которыя имѣютъ цѣлью отсчитывать число качаній. Для того, чтобы устранить здѣсь по возможности сопротивленіе отъ тренія и другіе источники ошибокъ, астрономическіе часы устраиваютъ по возможности просто. Есть остроумныя конструкціи

часовъ, которые работаютъ безъ всякихъ колесъ. Число качаній можно, дѣйствительно, очень легко отмѣчать безъ колесъ. Маятникъ подвѣшиваютъ на кускѣ часовой пружины, упругость которой и поддерживаетъ колебанія. Если въ верхней части стержня маятника прикрѣпить небольшую поперечину, на концѣ которой подъ прямымъ угломъ къ ней находилось бы остріе, и установить независимо отъ маятника чашечку со ртутью такъ, чтобы это остріе погружалось въ ртуть при каждомъ качаніи маятника, то при этомъ каждый разъ будетъ совершаться электрическій контактъ, который можетъ прямо дѣйствовать на выше описанные хронографы и отмѣчать секундныя точки на движущейся бумажной лентѣ.

Наша задача была бы этимъ разрѣшена, если бы не присоединялось еще одно условіе: необходимо возмѣщать неизбѣжную потерю живой силы маятника, вызываемую сопротивленіемъ воздуха и треніемъ въ самомъ механизмѣ. Въ обыкновенныхъ часахъ, какъ извѣстно, для этой цѣли служатъ гири. Намотанная на барабанъ цѣпь, къ которой подвѣшена гиря, вращаетъ этотъ барабанъ, а также, такъ называемое, заводное колесо. Послѣднее снабжено длинными зубцами, которые зацѣпляютъ находящійся въ верхней части маятника якорь такимъ образомъ, что при каждомъ качаніи маятника можетъ проскальзывать только одинъ зубецъ колеса, при чемъ часы отсчитываютъ качанія. Но одновременно заводное колесо, отъ тяжести гири, производитъ въ обратную сторону давленіе на якорь маятника и всякій разъ сообщаетъ ему незначительный толчекъ, достаточный для возмѣщенія утраченной имъ энергіи. Тѣмъ не менѣе при этомъ развивается треніе, которое благодаря пыли, сгущенію смазывающаго масла и т. д., вызываетъ неправильности въ ходѣ.

Поэтому устраиваютъ часы, въ которыхъ толчокъ сообщается электромагнитнымъ дѣйствіемъ безъ всякаго соприкосновенія. Въ такихъ часахъ качающійся конецъ маятника сдѣланъ изъ желѣза, а въ сторонѣ противъ него помѣщается электромагнитъ, черезъ обмотку котораго въ обычныхъ условіяхъ не идетъ тока; слѣдовательно, онъ тогда не притягиваетъ. Приблизительно въ срединѣ стержня маятника находится тонкій ножичекъ, который можетъ двигаться свободно въ одну сторону. При каждомъ размахѣ маятника ножичекъ касается металлической пружины, которая укрѣплена отдѣльно отъ него и имѣетъ тонкую бородку, куда ножичекъ входитъ только при размахѣ извѣстной величины. Тогда онъ нѣсколько нажимаетъ на пружинку, происходитъ контактъ, вслѣдствіе чего въ то же мгновеніе электромагнитъ начинаетъ дѣйствовать: маятникъ получаетъ необходимый толчокъ, а ножичекъ нѣкоторое время проходитъ мимо пружины, не дѣйствуя на нее. Благодаря этому остроумному устройству, изобрѣтенному Гиппомъ въ Невшателѣ, происходитъ автоматическое возмѣщеніе энергіи, теряемой маятникомъ, и при томъ какъ разъ въ тотъ моментъ, когда это необходимо. Эти часы Гиппа, дѣйствительно, не имѣютъ колесъ, ихъ механизмъ не нуждается въ смазываніи масломъ и никогда не останавливается. Если представить себѣ, что каждая встрѣча зубца спускного колеса съ маятникомъ можетъ стать причиной серьезной задержки, и что въ одинъ день происходитъ 86400 такихъ встрѣчъ, тогда какъ при описанномъ приспособленіи маятникъ можетъ качаться въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, прежде чѣмъ наступятъ механическія условія для новаго толчка, то нетрудно оцѣнить преимущество этихъ послѣднихъ часовъ.

Однако маятникъ при качаніяхъ испытываетъ постоянное сопротивленіе окружающаго в о з д у х а. Правда, это не имѣетъ непосредственнаго вліянія на точность измѣренія времени, если это дѣйствіе вполнѣ равномѣрно, ибо астроному не важно, чтобы часы всегда показывали дѣйствительное время. Онъ требуетъ отъ своихъ часовъ только полной равномѣрности хода. Чтобы достичь этого, онъ какъ можно меньше трогаетъ часы;

никогда не исправляетъ ихъ показаній, но ведетъ журналъ ихъ поправокъ изо дня въ день и справляется съ нимъ при своихъ наблюденіяхъ и разсчетахъ. Отмѣченное въ журналѣ часовъ ежедневное состояніе часовъ въ полдень, сравнительно съ дѣйствительнымъ временемъ, должно измѣняться въ равные промежутки времени на одинаковую величину; это измѣненіе называется суточнымъ ходомъ; онъ долженъ быть постояннымъ. Величина этого хода для цѣлей астрономической практики собственно безразлична, и только для удобства стараются ее сдѣлать меньше. Но разности въ суточномъ ходѣ часовъ, или выражаясь математически, вторыя разности часовыхъ поправокъ, называемыя обыкновенно суточнымъ измѣненіемъ часового хода, должны оставаться по возможности незначительными. Въ хорошихъ астрономическихъ часахъ эта разность не должна превышать $0{,}^s05$. Лучшіе изъ извѣстныхъ часовъ даютъ въ среднемъ разность всего $0{,}^s02$—$0{,}^s03$.

Эта незначительная неравномѣрность остается, однако, послѣ того, какъ уже принято въ разсчетъ измѣнчивое вліяніе окружающей атмосферы на ходъ часовъ. Если бы плотность воздуха оставалась всегда равномѣрной, то онъ оказывалъ бы на ходъ часовъ вліяніе постоянно въ одинаковомъ смыслѣ. Часы въ воздухѣ идутъ всегда медленнѣе, чѣмъ въ безвоздушномъ пространствѣ. Но плотность воздуха измѣняется, какъ ежедневно показываетъ барометръ, а вмѣстѣ нею измѣняется и ходъ часовъ. Хотя это вліяніе оказывается незначительнымъ, однако его нужно опредѣлить изъ длиннаго ряда наблюденій и принимать во вниманіе.

Въ гораздо болѣе значительной степени, чѣмъ колебанія воздушнаго давленія, вліяютъ на ходъ часовъ колебанія температуры окружающаго воздуха. Время качанія маятника зависитъ только отъ его длины; но эта послѣдняя мѣняется вслѣдствіе неодинаковаго расширенія металлическихъ частей, подъ вліяніемъ измѣненія температуры. Въ предупрежденіе этого надо компенсировать маятникъ, составляя его изъ различныхъ металловъ такимъ образомъ, чтобы общая длина такого стержневаго маятника мѣнялась какъ можно меньше въ предѣлахъ возможныхъ на практикѣ температуръ. Но полной компенсаціи и этимъ нельзя достигнуть, приходится опредѣлить еще остающееся вліяніе температуры и принимать его въ разсчетъ. Есть маятники, на стержнѣ которыхъ остроумно придѣланъ барометръ, качающійся вмѣстѣ съ маятникомъ. Колебанія его ртутнаго столба при измѣненіи атмосфернаго давленія перемѣщаютъ центръ тяжести маятника такимъ образомъ, что достигается компенсація качаній маятника при различныхъ атмосферныхъ давленіяхъ. Но лучше можно избѣжать подобныхъ, а также и другихъ случайныхъ вліяній, если часы герметически заключить въ стеклянный футляръ. Конечно, это возможно сдѣлать только съ такими часами, которые или не надо заводить, въ которыхъ слѣдовательно необходимый импульсъ передается по электрической проволокѣ, впаянной въ стеклянную стѣнку, или которые снабжены герметическими пробками, мѣшающими воздуху проникать въ часы во время завода. Такіе часы существуютъ въ королевской обсерваторіи въ Берлинѣ *). Въ нашемъ климатѣ нормальные часы надо также по возможности предохранять противъ слишкомъ внезапныхъ колебаній температуры. Поэтому ихъ обыкновенно помѣщаютъ въ подвалъ, а около различныхъ инструментовъ обсерваторіи находятся циферблаты, которые приводятся въ дѣйствіе при помощи замыканія электрическихъ контактовъ отъ нормальныхъ часовъ. Можно также ставить въ помѣщеніе инструментовъ и не

---

*) Въ Пулковской и во многихъ другихъ; часы же съ барометрической компенсаціей имѣются въ Обсерваторіи Императорскаго С.-Петербургскаго Университета.

С. Глазенапъ.

столь хорошіе часы, которые до и послѣ каждаго важнаго наблюденія сравниваютъ съ нормальными часами.

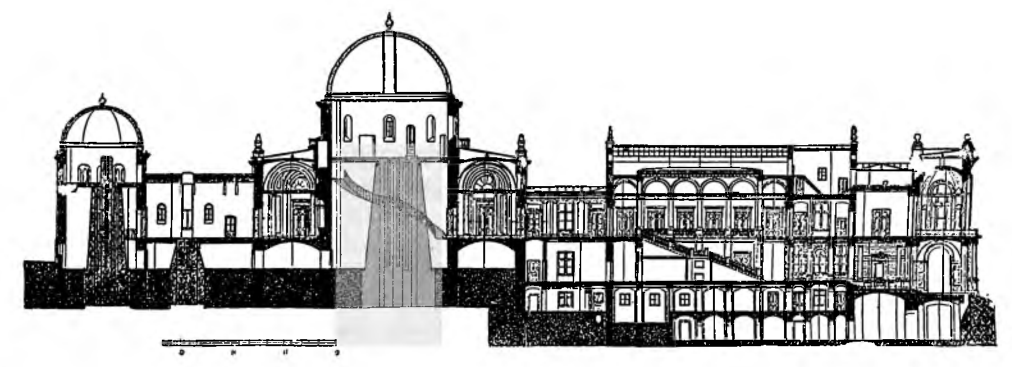
Хронометръ, регулируемый не маятникомъ, а такъ называемымъ балансиромъ, какой находится въ каждыхъ карманныхъ часахъ, почти не употребляется на обсерваторіяхъ, такъ какъ часы съ маятникомъ безусловно выше по точности и постоянству хода. Но встрѣчаются астрономическія задачи внѣ обсерваторій, при которыхъ нельзя примѣнять часы съ маятникомъ, такъ какъ они требуютъ установки, абсолютно свободной отъ сотрясеній. Нормальные часы обсерваторій для устраненія послѣднихъ всегда устанавливаютъ на особомъ столбѣ, имѣющемъ фундаментъ, независимый отъ общей постройки. По этой-то причинѣ и нельзя примѣнять для цѣлей мореплаванія часовъ съ маятникомъ. Въ этомъ случаѣ употребляютъ, такъ называемый, морской или столовый хронометръ, который устроенъ въ главныхъ частяхъ, какъ наши карманные часы. Регуляторомъ въ немъ является упругая спиральная пружина. Вслѣдствіе ея закручиванія и раскручиванія, поворачивается взадъ и впередъ колеско-балансиръ и, какъ въ часахъ съ маятникомъ, каждый разъ пропускаетъ на одинъ зубецъ заводное колесо. Такіе часы, какъ и часы съ маятникомъ, подвержены вліянію колебаній атмосфернаго давленія и температуры. Отъ измѣненія послѣдней балансиръ расширяется неодинаково, и потому спиральной пружинѣ приходится имѣть дѣло съ неодинаковымъ сопротивленіемъ. Для компенсированія балансира пользуются неодинаковой способностью различныхъ металловъ къ расширенію въ зависимости отъ температуры.

Хотя такого рода часы и достигаютъ изумительной точности, однако они гораздо болѣе подвержены нарушающимъ вліяніямъ, чѣмъ неподвижно установленные часы съ маятникомъ. Они назначены для держанія времени въ дальныхъ путешествіяхъ, во время которыхъ подвергаются неизбѣжнымъ сотрясеніямъ. Правда, ихъ снабжаютъ, такъ называемымъ, кардановымъ подвѣсомъ, при которомъ часовой механизмъ всегда остается въ горизонтальномъ положеніи, хотя ящикъ хронометра и качается въ ту и другую сторону. Однако, ихъ никогда нельзя уберечь отъ незначительныхъ сотрясеній, какія, напр., испытываетъ пароходъ при движеніи его винта, отъ проникновенія влажности и отъ не поддающагося разсчету вліянія крайнихъ температуръ. Поэтому хотя столовый хронометръ при испытаніи на обсерваторіи и показываетъ равномѣрный ходъ, но онъ можетъ дѣлать значительные скачки какъ разъ въ важное время, когда въ открытомъ морѣ въ дурную погоду приходится опираться исключительно на его показанія. Само собою понятно, что онъ долженъ быть испытанъ на обсерваторіи при всѣхъ возможныхъ на практикѣ температурахъ воздуха. На Гамбургской морской обсерваторіи сдѣланъ еще шагъ впередъ: изобрѣтено большое механическое приспособленіе, аппаратъ для качанія, на которомъ хронометръ, при испытаніи его, подвергаютъ во время пробы такимъ же качаніямъ, какія онъ испытываетъ въ открытомъ морѣ.

Какимъ образомъ примѣняются астрономическіе часы для измѣренія, не трудно понять изъ предыдущаго. Для наблюденій съ экваторіаломъ нужны только разности во времени, которыя указываютъ прямо разности прямыхъ восхожденій. Часы должны только имѣть равномѣрный ходъ въ промежуткѣ между наблюденіемъ звѣзды сравненія и измѣряемаго свѣтила. Такъ какъ этотъ промежутокъ рѣдко превышаетъ 10 минутъ, то на результатъ почти вовсе не имѣютъ вліянія незначительныя колебанія въ суточномъ ходѣ часовъ. Нѣтъ необходимости знать точное показаніе времени. Это требуется только при наблюденіи движущихся объектовъ, какъ, напр., кометы, чтобы знать, въ какое мгновеніе данное свѣтило находилось въ извѣстномъ мѣстѣ относительно неподвижныхъ точекъ небеснаго свода, а въ нашемъ случаѣ неточность въ нѣсколько секундъ

почти никогда не имѣетъ значенія. Итакъ, для дифференціальныхъ наблюденій нѣтъ необходимости имѣть очень точные часы.

Не то при абсолютныхъ опредѣленіяхъ съ меридіаннымъ кругомъ. Къ нимъ предъявляется двойная задача, для выполненія которой безусловно необходимы часы съ наилучшимъ дѣйствіемъ. Или приходится опредѣлять экваторіальныя долготы звѣздъ, т. е. ихъ угловое разстояніе отъ точки весенняго равноденствія, а для этой цѣли моментъ прохожденія этой точки можно получить только при помощи показаній часовъ; или, наоборотъ, желая испытать показанія часовъ, опредѣляютъ меридіанное прохожденіе такой звѣзды, угловое разстояніе которой отъ точки весенняго равноденствія извѣстно вполнѣ точно. Говоря безотносительно, можно рѣшить только одну изъ двухъ задачъ: или извѣстны мѣста звѣздъ, и есть увѣренность, что они не испытываютъ такихъ колебаній, которыя не поддавались бы вычисленіямъ, тогда можно по ихъ прохожденіямъ опредѣлить поправки часовъ, или мы вполнѣ полагаемся на показанія часовъ, въ

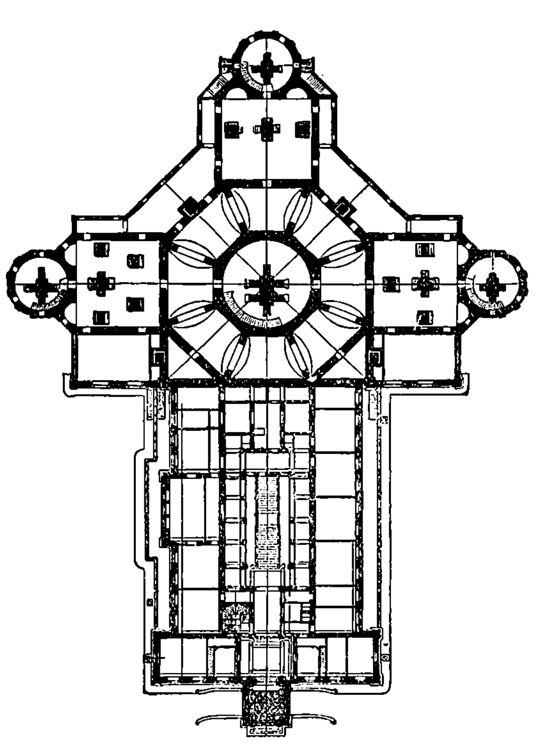


Поперечный разрѣзъ Вѣнской обсерваторіи. Ср. текстъ, стр. 452.

такомъ случаѣ по прохожденію звѣзды и извѣстной поправкѣ часовъ мы можемъ опредѣлить мѣсто звѣзды или его измѣненіе. Въ самомъ дѣлѣ, здѣсь передъ нами дилемма, изъ которой можно выйти только такимъ образомъ, что выбрать небольшое количество, такъ называемыхъ, основныхъ звѣздъ, которыя въ теченіе десятилѣтій подвергались бы наблюденіямъ въ различныхъ обсерваторіяхъ и положеніе которыхъ было бы опредѣлено, по возможности, безошибочно. Это опредѣленіе является, какъ средній результатъ изъ многихъ тысячъ наблюденій, произведенныхъ различными наблюдателями при различныхъ условіяхъ, съ различными инструментами, часами и т. д. Въ астрономическихъ ежегодникахъ указаны мѣста этихъ основныхъ звѣздъ, и только ими однѣми и пользуются по одинаковому способу въ обсерваторіяхъ всего свѣта, чтобы по ихъ прохожденію опредѣлить меридіаннымъ кругомъ всякій разъ поправку нормальныхъ часовъ. Такія операціи называются опредѣленіями времени; онѣ состоятъ въ сущности въ томъ, что прежде всего опредѣляютъ инструментальныя ошибки меридіаннаго круга, а затѣмъ инструментомъ наблюдаютъ соотвѣтственное число прохожденій основныхъ звѣздъ. Когда такимъ образомъ поправка часовъ стала извѣстна, тогда, наоборотъ, по прохожденію другихъ звѣздъ можно найти ихъ экваторіальныя долготы, которыя поэтому всегда относятъ къ системѣ основныхъ звѣздъ. Слѣдовательно, мы имѣемъ здѣсь, строго говоря, только относительныя измѣренія.

Остается еще сказать нѣсколько словъ объ общемъ устройствѣ обсерваторіи, гдѣ размѣщаются различные инструменты, соотвѣтственно

ихъ назначенію. Внѣшній видъ обсерваторіи въ теченіе настоящаго столѣтія испыталъ значительныя измѣненія сравнительно съ прежнимъ. Въ то время какъ прежде воздвигали по возможности высокія зданія, строили башни, и на нихъ устанавливали инструменты, нынѣ стремятся послѣдніе неподвижно соединить съ землею и потому устанавливаютъ по возможности низко. Башни обсерваторій имѣли цѣлью предохранить наблюдателя отъ испареній въ нижнихъ слояхъ атмосферы, и въ этомъ отношеніи онѣ, конечно, могли оказываться полезными. Но съ тѣхъ поръ какъ требованія точности измѣреній значительно подвинулись впередъ, пришлось отказаться отъ этого, потому что высокое зданіе нельзя соорудить достаточно свободнымъ отъ сотрясеній. Для того, чтобы по возможности избѣжать испареній надъ земною поверхностью, надо только удалиться отъ ихъ главныхъ источниковъ, городовъ, и строить обсерваторіи на возвышенностяхъ. Впрочемъ, по скольку того можно избѣжать, звѣздъ не наблюдаютъ вблизи горизонта для того, чтобы отдѣлаться отъ свѣтопреломляющаго вліянія нижнихъ слоевъ воздуха, которое невозможно вычислить.

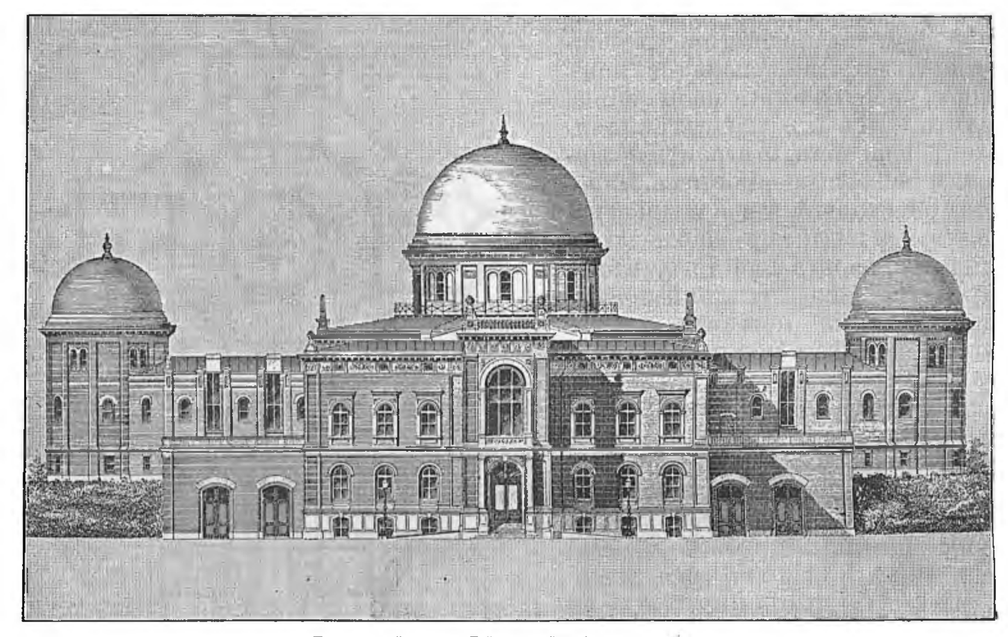

Планъ Вѣнской обсерваторіи. Ср. текстъ, стр. 453.

Въ особенности меридіанный кругъ, самый точный изъ всѣхъ астрономическихъ измѣрительныхъ инструментовъ, всегда будутъ строить на ровной землѣ. Стѣны помѣщенія, такъ называемаго **меридіаннаго** зала, должны быть прорѣзаны съ сѣвера на югъ, и крыша надъ этою щелью должна быть открыта, чтобы телескопу была доступна для обозрѣнія какъ можно большая часть небеснаго меридіана. Само собою понятно, что всѣ эти отверстія закрываются клапанами для сбереженія драгоцѣннаго инструмента въ дурную погоду. Далѣе, при постройкѣ этого зданія заботятся, чтобы температура меридіаннаго зала по возможности быстро и полно уравнивалась съ внѣшнимъ воздухомъ, иначе происходило бы новое преломленіе свѣта, ускользающее отъ разсчета. Ошибки инструмента измѣнялись бы слишкомъ быстро, если бы температура его металлическихъ частей значительно мѣнялась во время наблюденія. Это условіе — равенство температуры помѣщенія съ температурой внѣшняго воздуха — иногда является очень тяжелымъ для астронома, такъ какъ онъ часто долженъ проводить цѣлыя ночи около инструмента при пронизывающемъ холодѣ, отсчитывая секунды и записывая наблюденія. Для того, чтобы по возможности удовлетворить этому требованію уравниванія температуръ, нынѣ обыкновенно помѣщаютъ меридіанный кругъ въ особомъ меридіанномъ корпусѣ, удаленномъ довольно далеко отъ остальныхъ построекъ, а самый корпусъ строятъ изъ волнистаго желѣза съ деревяннымъ остовомъ.

Экваторіалы въ большинствѣ случаевъ, въ зависимости отъ характера мѣста, неизбѣжно приходится помѣщать выше поверхности почвы, иначе

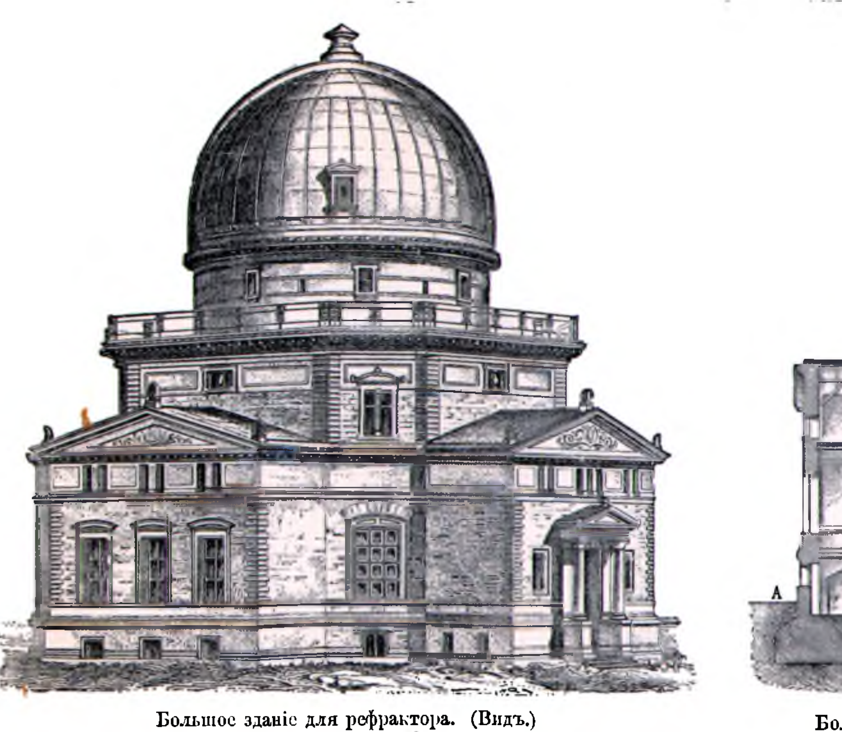
находящіяся по близости постройки, группы деревьевъ и т. д. будутъ заслонять большую часть неба. Такъ какъ къ инструментамъ этого рода не предъявляется столь строгихъ требованій относительно ихъ устойчивости, то ихъ можно поднимать на высоту второго или третьяго этажа и ставить на массивномъ столбѣ, проходящемъ черезъ все зданіе, или на прочномъ сводѣ. Послѣдній видъ постройки, при которой подъ рефракторомъ образуется красивое помѣщеніе съ куполомъ, не примѣнимо при очень большихъ инструментахъ, вслѣдствіе ихъ громаднаго вѣса.

Самыми большими телескопами, устроенными такимъ образомъ, являются восемнадцатидюймовый рефракторъ въ Страсбургѣ и двѣнадцатидюй-

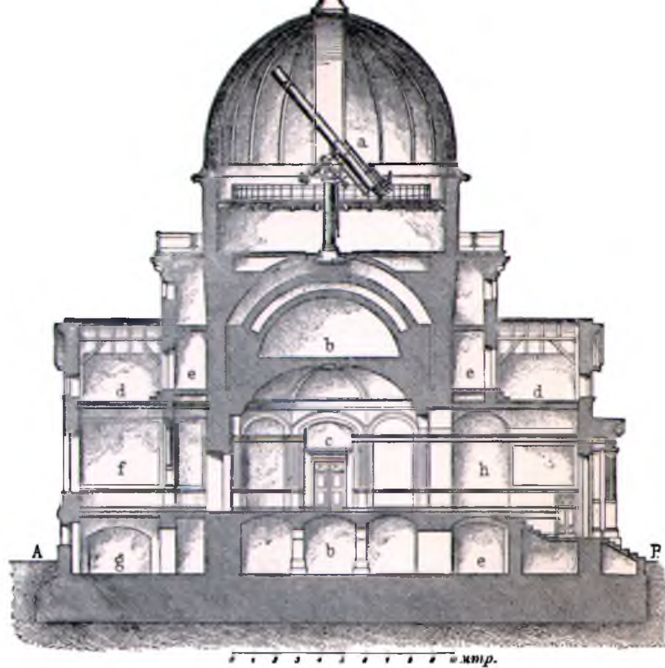


Главный видъ Вѣнской обсерваторіи.

мовый въ обсерваторіи Ураніи въ Берлинѣ. Послѣдній, не считая купола, имѣетъ общій вѣсъ въ 4358 клгр. Сводъ, несущій эту тяжесть, поддерживается восемью глубоко врытыми массивными столбами, каждый имѣетъ въ разрѣзѣ 3—4 кв. м. Мы здѣсь даемъ поперечный разрѣзъ (см. прилагаемую таблицу) страсбургскаго экваторіальнаго корпуса, а также и другихъ частей этой обсерваторіи. Изъ рисунка можно видѣть, что зданіе состоитъ изъ трехъ помѣщеній съ куполомъ, расположенныхъ одно надъ другимъ. Среднее (b) внутри снабжено еще особенно толстымъ сводомъ, который, кромѣ двухъ дверей, не имѣетъ отверстій. Поэтому температурныя колебанія совершаются здѣсь только очень медленно. Его можно считать подвальнымъ помѣщеніемъ перваго этажа, но только онъ имѣетъ здѣсь то преимущество передъ глубоко лежащими подвалами, что воздухъ въ немъ суше. Здѣсь сохраняются нормальные часы обсерваторіи, которые соединены электрическими проводами съ помѣщеніемъ, гдѣ производятся наблюденія. Въ эту комнату входятъ только для того, чтобы завести часы, т. е. одинъ разъ въ недѣлю. На поперечномъ разрѣзѣ Вѣнской обсерваторіи (см. рис. стр. 450) можно видѣть, наоборотъ, массивный столбъ, на которомъ покоится двадцатишестидюймовый рефракторъ. Витая лѣстница ведетъ вокругъ него въ залъ для наблюденія, полъ котораго находится на высотѣ крыши остального зданія. Вокругъ средняго корпуса идетъ крытая гал-



Большое зданіе для рефрактора. (Видъ.)



Большое зданіе для рефрактора. (Разрѣзъ отъ A къ B.)

Большое зданіе для рефрактора.

a Большой рефракторъ
b Помѣщеніе съ постоянной температурой
c Залъ. Коллекціи.
d Полъ
e Хоръ
f Аудиторія
g Подвалъ
h Вестибюль
i Библіотека
k Кабинетъ директора

Башня альтазимута.

Башня орбитной трубы.

Меридіанный залъ

Общее зданіе обсерваторіи.

a Лѣстница
b Вычислительная
c Лѣстница къ инструменту
d Инструменты
e Входъ въ меридіанный залъ
f Пассажный инструментъ
g Меридіанный кругъ

Домъ для служащихъ.

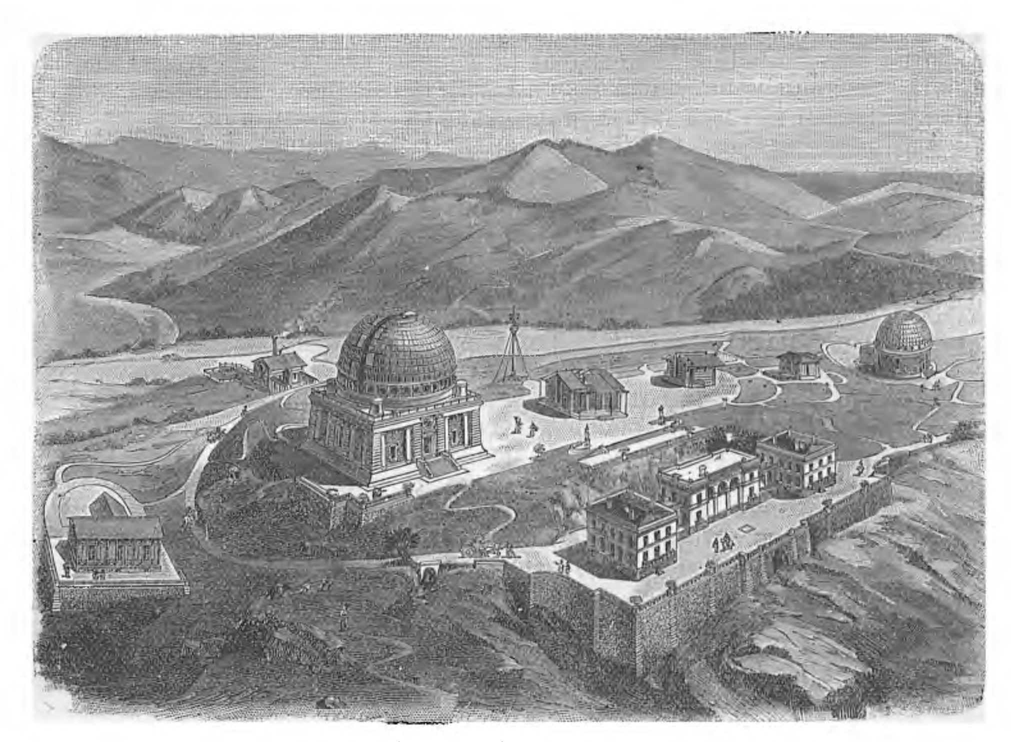
Планъ Обсерваторіи.

Башня альтазимута. — Общее зданіе обсерваторіи (Меридіанное зданіе). (Разрѣзъ отъ A къ B верхняго малаго плана.) — Башня орбитной трубы.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Обсерваторія при университетѣ императора Вильгельма въ Страсбургѣ.

лерея, изъ которой можно попадать въ другія комнаты для наблюденій. На поперечномъ разрѣзѣ слѣва находится меридіанный залъ. Можно видѣть отверстіе щели; надъ нею виденъ небольшой куполъ. Два другихъ подобныхъ купола не видны на разрѣзѣ, такъ какъ они находятся впереди и позади его плоскости, накрестъ къ изображеннымъ куполамъ. На планѣ (см. рис. стр. 451) ихъ расположеніе можно легко понять. Для этой обсерваторіи воздвигнуто величественное монументальное зданіе (см. рис. на стр. 452),



Обсерваторія въ Ниццѣ.

въ которомъ находятся всѣ необходимыя помѣщенія, даже квартиры служащихъ.

Въ послѣднее время предпочитаютъ, однако, помѣщать, по крайней мѣрѣ, главные инструменты въ отдѣльныхъ зданіяхъ, какъ можно видѣть на планѣ Страсбургской обсерваторіи. Справа находится меридіанный корпусъ, который въ передней постройкѣ имѣетъ кромѣ того еще двѣ башни, одну для альтазимута, другую для малаго рефрактора. Слѣва возвышается корпусъ для экваторіала. Жилой домъ съ квартирами совсѣмъ отдѣленъ отъ обоихъ зданій, но всѣ три соединены крытыми галлереями. Раздѣленіе на отдѣльныя зданія доведено до крайнихъ предѣловъ въ обсерваторіи Гарвардской коллегіи въ американскомъ Кембриджѣ. Кембриджская обсерваторія обставлена полнѣе другихъ. Она представляетъ цѣлый небольшой городъ изъ желѣзныхъ павильоновъ своеобразной архитектуры. Инструментами это учрежденіе снабжено, благодаря исключительно щедрости частныхъ лицъ. Поэтому для каждаго инструмента, который получался вновь, строился особый павильонъ. Наконецъ, мы даемъ еще рисунокъ Ниццской обсерваторіи (см. выше), гдѣ также имѣются отдѣльныя зданія для каждаго инструмента.

2. Видъ и величина земли.

Если мы при помощи меридіаннаго круга будемъ слѣдить за движеніями свѣтилъ, то узнаемъ, что звѣзды вращаются вокругъ нѣкоторой неподвижной точки, какъ будто онѣ прикрѣплены къ вращающемуся небесному своду: каждая неподвижная звѣзда возвращается въ меридіанъ какъ разъ черезъ 24 часа по звѣздному времени. При этомъ точка, вокругъ которой обращается небесный сводъ, т. е. небесный полюсъ, остается абсолютно неподвижною относительно горизонта даннаго мѣста наблюденія. При помощи меридіаннаго круга въ этомъ можно убѣдиться, измѣряя высоту полюса. Для этого опредѣляютъ вышеописаннымъ способомъ (см. стр. 432) высоту какой-либо звѣзды, находящейся вблизи полюса, когда она проходитъ черезъ меридіанъ, и повторяютъ измѣреніе, когда звѣзда снова пройдетъ меридіанъ черезъ 12 часовъ. Звѣзды, находящіяся вблизи полюса, въ теченіе сутокъ имѣютъ двѣ видимыхъ кульминаціи: верхнюю — къ югу отъ полюса и нижнюю — къ сѣверу отъ него, такъ какъ весь кругъ ихъ суточнаго движенія лежитъ надъ горизонтомъ.

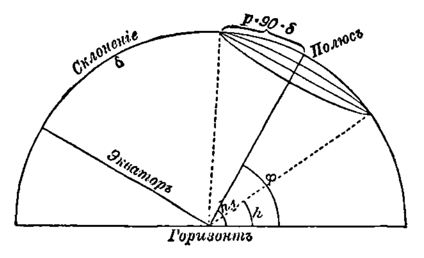
При верхней кульминаціи наблюденная высота звѣзды равна высотѣ полюса, т. е. кратчайшему угловому разстоянію полюса отъ горизонта, плюсъ полярное разстояніе звѣзды; при нижней кульминаціи наблюденная высота свѣтила равна высотѣ полюса минусъ ея полярное разстояніе, какъ показываетъ прилагаемый рисунокъ на стр. 455. Если мы возьмемъ среднее ариѳметическое обоихъ опредѣленій, то въ него не войдетъ полярное разстояніе звѣзды, т. е. ея мѣсто на небѣ съ присущею этому данному неточностью, и среднее дастъ намъ прямо высоту полюса для даннаго мѣста наблюденія. Пусть, напр., найдено, что высота звѣзды при верхней кульминаціи ($\mathfrak{h}_1$ на нашемъ рисункѣ) равна 55^0, при нижней ($\mathfrak{h}$) $= 49^0$, тогда мы найдемъ, что высота полюса (φ) равна $^1/_2\ (55 + 49) = 52^0$. Какъ побочный результатъ, мы получимъ въ то же время и полярное разстояніе (p) звѣзды, которое равно $^1/_2\ (55 - 49) = 3^0$. Слѣдовательно, эта звѣзда имѣетъ склоненіе или экваторіальную широту $90 - 3 = 87^0$.

Такъ какъ высота полюса есть одна изъ наиболѣе важныхъ постоянныхъ для всѣхъ астрономическихъ измѣреній, то она для мѣста меридіаннаго круга каждой обсерваторіи опредѣляется тщательными наблюденіями, которыя повторяются многія сотни разъ. При этомъ оказалось, что для одной и той же точки земной поверхности она остается неизмѣнной, по крайней мѣрѣ, въ предѣлахъ малыхъ долей дуговой секунды Къ минимальнымъ колебаніямъ высоты полюса, которыя замѣчены въ послѣднее время, мы возвратимся дальше.

Въ то же самое время наблюденіями доказано, что для различныхъ мѣстъ высота полюса міра надъ горизонтомъ оказывается различной. Если мы будемъ двигаться къ сѣверу, т. е. въ томъ направленіи, гдѣ лежитъ сѣверный полюсъ неба, то послѣдній все болѣе и болѣе будетъ подниматься надъ горизонтомъ; если же мы пойдемъ къ югу, то сѣверный полюсъ будетъ опускаться. Двигаясь къ югу, мы, въ концѣ концовъ, достигнемъ такой области земли, гдѣ будемъ видѣть сѣверный полюсъ на самомъ горизонтѣ и именно въ сѣверной точкѣ его. Въ то же время въ южной точкѣ горизонта окажется передъ нами южный полюсъ. Слѣдовательно, здѣсь ось міра, соединяющая оба полюса, лежитъ въ плоскости горизонта, а небесный экваторъ, который на всемъ протяженіи одинаково удаленъ отъ полюсовъ, расположенъ перпендикулярно къ горизонту. Такъ какъ всѣ звѣзды движутся параллельно ему, то онѣ будутъ подниматься подъ прямымъ угломъ къ восточному краю горизонта и такъ же точно опускаться на западѣ. Дуга, которую онѣ описываютъ при этомъ

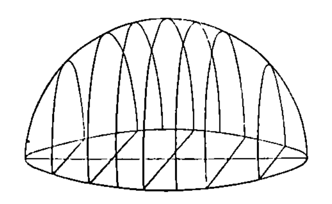
надъ горизонтомъ между восходомъ и заходомъ, называемая дневной дугой, есть правильный полукругъ; другую половину пути, ночную дугу, онѣ описываютъ подъ горизонтомъ.

Слѣдовательно, въ теченіе 24 часовъ въ такомъ мѣстѣ наблюденія постепенно можно видѣть звѣзды всего небеснаго свода. Если мы будемъ двигаться какъ разъ по направленію небеснаго экватора, т. е. прямо на западъ или на востокъ, то описанныя отношенія нисколько не измѣняются: полюсы остаются на горизонтѣ, звѣзды восходятъ подъ прямымъ угломъ къ нему, и ихъ дневная и ночная дуги остаются равными другъ другу. Линія, которую мы опишемъ на землѣ при нашемъ движеніи, называется земнымъ экваторомъ. Для каждой точки послѣдняго небесный экваторъ проходитъ черезъ зенитъ наблюдателя, а также какъ разъ черезъ восточную и западную точки горизонта. Всѣ звѣзды восходятъ и заходятъ на столько же азимутныхъ градусовъ къ сѣверу или къ югу отъ этихъ точекъ пересѣченія экватора, на сколько градусовъ онѣ лежатъ къ сѣверу или къ югу отъ небеснаго экватора, т. е. азимутъ ихъ восхода, считая отъ точки сѣвера, равенъ $90^0 - \delta$.



Опредѣленіе высоты полюса мѣста наблюденія.

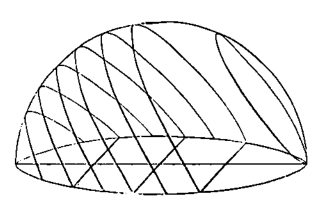
Если мы затѣмъ отъ какой-либо точки земного экватора стали бы держать путь къ одному изъ небесныхъ полюсовъ, лежащихъ тамъ на горизонтѣ, то,—если бы позволили условія земной поверхности, — мы, въ концѣ концовъ, достигли бы такой точки, гдѣ небесный полюсъ стоитъ какъ разъ въ зенитѣ наблюдателя; мы находились бы тогда на земномъ полюсѣ. Какъ извѣстно, наши смѣлые мореплаватели не дошли до этой точки всего на нѣсколько градусовъ. Тамъ небесный сводъ вращается вокругъ оси, стоящей перпендикулярно къ горизонту. Такъ какъ небесный полюсъ находится тамъ въ зенитѣ, то экваторъ долженъ совпадать съ горизонтомъ, и параллельные къ небесному экватору круги склоненія, по которымъ звѣзды совершаютъ свое суточное движеніе, тамъ также параллельны къ горизонту. Слѣдовательно, на полюсѣ ни одна звѣзда не можетъ ни восходить, ни заходить, но обращается по небу постоянно на одной и той же высотѣ надъ горизонтомъ, равной ея экваторіальной широтѣ (склоненію). Съ каждаго полюса всегда видна только одна половина небеснаго свода, другая постоянно остается подъ горизонтомъ.



Видимые пути свѣтилъ на земномъ экваторѣ.

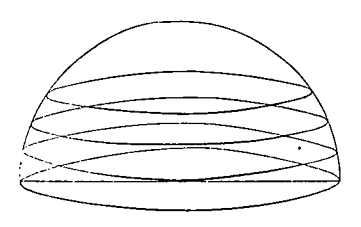
Разстояніе отъ земного экватора до обоихъ полюсовъ раздѣлено на 90 градусовъ широты, такъ что высота полюса міра надъ горизонтомъ каждаго мѣста равна его географической широтѣ. Тогда какъ на экваторѣ постепенно весь небесный сводъ дѣлается видимымъ надъ горизонтомъ, на полюсѣ видима какъ разъ только половина его. Въ географическихъ широтахъ, лежащихъ между ними, движеніе небеснаго свода таково, что можно видѣть только извѣстную часть противоположнаго небеснаго полушарія. Такъ, напр., для географической широты въ $52^0,5$ небесный экваторъ имѣетъ надъ горизонтомъ высоту, равную $90 - 52^0,5 = 37^0,5$, какъ можно видѣть на верхнемъ прилагаемомъ рисункѣ Слѣдовательно, звѣзды до $37^0,5$ склоненія къ югу отъ экватора еще могутъ появляться здѣсь надъ горизонтомъ при суточномъ обращеніи небесной сферы, и только всѣ свѣтила, лежащія южнѣе, никогда не будутъ видимы

на этой широтѣ. Зато всѣ звѣзды, имѣющія сѣверное склоненіе болѣе 37,5°, остаются всегда надъ горизонтомъ, т. е. онѣ никогда не заходятъ, такъ какъ движутся вокругъ видимаго небеснаго полюса, въ поясѣ, радіусъ котораго какъ разъ равенъ высотѣ полюса для соотвѣтственнаго мѣста. Слѣдовательно, звѣзда, полярное разстояніе которой равно высотѣ полюса, въ своемъ суточномъ движеніи будетъ касаться горизонта. Такія не заходящія звѣзды называются околополярными звѣздами. На экваторѣ ихъ нѣтъ, тогда какъ на полюсѣ всѣ видимыя звѣзды суть околополярныя. Скорѣе всего можно уяснить всѣ эти отношенія суточнаго движенія свѣтилъ на небесномъ глобусѣ, въ которомъ можно устанавливать горизонтъ для каждой высоты полюса.



Видимые пути свѣтилъ въ географическихъ широтахъ между полюсомъ и экваторомъ.

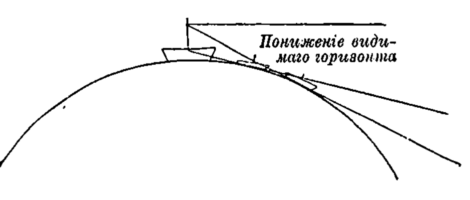
При этомъ мысленномъ путешествіи по земной поверхности, которое мы совершили съ цѣлью уяснить движенія небеснаго свода, два наблюденія, безъ предварительныхъ знаній, могутъ насъ убѣдить въ томъ, что земля есть круглое тѣло. Во-первыхъ, оказывается, что если мы будемъ двигаться по земному экватору, руководясь все однимъ и тѣмъ же направленіемъ неба (напр., такъ, чтобы оба небесныхъ полюса оставались всегда на горизонтѣ, и чтобы, слѣдовательно, мы не покидали земного экватора), то, въ концѣ концовъ, мы вновь возвратимся къ точкѣ отправленія. Во-вторыхъ, если нѣсколько человѣкъ будутъ двигаться по направленію къ одному и тому же небесному полюсу съ различныхъ точекъ экватора, т. е. подъ прямымъ угломъ къ экватору, то, чѣмъ выше небесный полюсъ будетъ подниматься надъ ихъ горизонтомъ, они все болѣе будутъ приближаться другъ къ другу и всѣ они встрѣтятся въ земномъ полюсѣ. Этого не могло бы произойти, если бы земля была, напр., громаднымъ плоскимъ дискомъ, какимъ она намъ кажется и какимъ ее на самомъ дѣлѣ считали древніе; ибо на плоскости линіи, идущія подъ прямымъ угломъ къ нѣкоторой прямой линіи, никогда не сближаются, но идутъ параллельно въ безконечность. Не останавливаясь долго на элементарныхъ вещахъ, мы предпочитаемъ заняться подробнѣе другими доказательствами шарообразности земли. Для этой цѣли разсмотримъ явленіе, такъ называемаго, пониженія горизонта, которое имѣетъ астрономическій интересъ. Если подняться надъ плоской поверхностью хотя бы немного, то, по теоріи, мы должны видѣть всю плоскость до ея послѣднихъ границъ. Только вслѣдствіе слабости нашего зрѣнія, края плоскости, напр., безконечной морской равнины, постепенно терялись бы на горизонтѣ. Рѣзкой границы между небомъ и землею, какую мы наблюдаемъ на самомъ дѣлѣ, не было бы. Эта граница происходитъ отъ того, что лучъ зрѣнія, идущій изъ данной точки наблюденія, которая лежитъ надъ морской равниной, составляетъ касательную къ морской поверхности, искривленной внизъ (см. рис. на стр. 457). Очевидно, что эта касательная встрѣчаетъ кривую поверхность въ точкѣ, тѣмъ болѣе удаленной отъ насъ, чѣмъ выше мы поднимемся надъ ней. Какъ всякій знаетъ, съ высокихъ горъ нашему взору открывается болѣе широкій видъ.



Видимые пути свѣтилъ на одномъ изъ полюсовъ земли.

Если мы представимъ себѣ землю въ видѣ шара въ центрѣ неподвижнаго небеснаго свода и изъ нѣкоторой точки, взятой надъ землею, проведемъ по обѣ стороны касательныя къ землѣ, то найдемъ, что съ этой

точки видно больше половины небесной сферы. Это подтверждается и на самомъ дѣлѣ точными измѣреніями. Съ какого-либо высокаго мѣста наблюденія мы, слѣдовательно, охватываемъ по меридіану на видимомъ протяженіи уголъ больше 180°. Половина излишка этого угла сверхъ 180° и есть то, что называютъ пониженіемъ горизонта. При наблюденіи въ открытомъ морѣ эту величину всегда приходится принимать во вниманіе, потому что высоту свѣтила измѣряютъ прямо отъ видимаго морского горизонта. Но въ обсерваторіяхъ, даже расположенныхъ очень высоко, не приходится считаться съ пониженіемъ горизонта, потому что тамъ направленіе истиннаго горизонта находятъ наблюденіемъ надъ поверхностью ртути, о чемъ уже говорилось выше (стр. 429). Но возвышенное положеніе для обсерваторій представляетъ ту выгоду, что, благодаря пониженію горизонта, свѣтила восходятъ здѣсь раньше и заходятъ позже, чѣмъ на равнинѣ. Поэтому они раньше попадаютъ въ такое положеніе, гдѣ низшіе слои атмосферы, наполненные испареніями, не мѣшаютъ наблюденіямъ. Напр., въ Ликской обсерваторіи, лежащей на высотѣ 1200 м., солнце восходитъ надъ поверхностью Тихаго океана въ среднемъ на 5—6 мин. раньше, чѣмъ на берегу, у подножія горы Гамильтонъ. Пониженіе горизонта равно тамъ 1,1 градуса.



Пониженіе горизонта.

Измѣненіе величины кругозора.

Высота точки наблюденія надъ поверхностью моря въ метрахъ	Радіусъ кругозора въ километрахъ	Пониженіе горизонта	Высота точки наблюденія надъ поверхностью моря въ метрахъ	Радіусъ кругозора въ километрахъ	Пониженіе горизонта
5	8,0	0,1°	2000	159,7	1,4°
10	11,3	0,1	3000	195,6	1,7
50	25,3	0,2	4000	225,8	2,0
100	35,7	0,3	5000	252,5	2,3
200	50,5	0,5	6000	276,6	2,5
500	79,9	0,7	7000	298,6	2,7
1000	112,9	1,0	7500	309,2	2,8

Въ данномъ случаѣ ближайшее знакомство съ явленіемъ приводитъ насъ къ совершенно иному результату, чѣмъ непосредственное наблюденіе, такъ какъ земля сначала представляется намъ плоской поверхностью. Однако, есть одно явленіе, которое для мыслящаго зрителя уже и при прямомъ наблюденіи служитъ нагляднымъ свидѣтельствомъ того, что земля ограничена шаровою поверхностью. Это явленіе — лунныя затменія. Какъ мы докажемъ впослѣдствіи, лунныя затменія вызываются тѣмъ, что на луну падаетъ тѣнь земли (см. раскрашенную таблицу къ главѣ II. 6). Въ этомъ случаѣ мы видимъ силуэтъ земли на такомъ большомъ разстояніи отъ насъ, что, не смотря на величину нашего мірового тѣла, легко можемъ охватить его силуэтъ однимъ взглядомъ. Такъ какъ онъ имѣетъ фигуру круга, подъ какимъ бы угломъ солнечные лучи ни падали на землю во время этого явленія, то земля на самомъ дѣлѣ должна быть шаровидна.

На основаніи этихъ фактовъ мы въ правѣ допустить шаровидность земли, какъ первое приближеніе къ истинѣ. Затѣмъ уже съ помощью точныхъ измѣреній, которыя астрономъ производитъ меридіаннымъ кру-

гомъ и другими инструментами, можно опредѣлить видъ и величину земли болѣе точно. Для этой цѣли мы сначала раздѣлимъ земной шаръ на градусы долготы и широты, система которыхъ параллельна экваторіальнымъ долготамъ и широтамъ на небесной сферѣ. Если мы помѣстимъ земной глобусъ въ центрѣ полаго шара, изображающаго небесный сводъ, и проведемъ черезъ центръ земли, и черезъ круги широтъ на землѣ прямыя линіи, то эти линіи, образующія собою коническія поверхности, при своемъ продолженіи пересѣкутъ небесную сферу по кругамъ склоненій. Для плоскостей меридіана этого не будетъ, такъ какъ небесный сводъ совершаетъ видимое обращеніе вокругъ земли одинъ разъ въ 24 звѣздныхъ часа. Поэтому плоскость извѣстнаго меридіана земли совпадаетъ послѣдовательно со всѣми плоскостями небесныхъ меридіановъ или круговъ долготы. Именно это явленіе мы и наблюдаемъ нашими астрономическими инструментами и по нему опредѣляемъ время для даннаго мѣста наблюденія.

Наоборотъ, извѣстный меридіанъ небесной сферы послѣдовательно совпадаетъ съ каждымъ земнымъ меридіаномъ. Этимъ явленіемъ мы можемъ пользоваться для опредѣленія разности географическихъ долготъ двухъ мѣстъ на землѣ. Она, очевидно, равна разности во времени кульминаціи звѣзды для одного и для другого мѣста наблюденія. Если въ двухъ мѣстахъ, разность долготъ которыхъ хотятъ опредѣлить, имѣются меридіанные круги, то очень легко рѣшить эту задачу. Нужно только на обоихъ мѣстахъ наблюдать прохожденіе одной и той же звѣзды черезъ меридіанъ. Разность этихъ обоихъ моментовъ по звѣздному времени прямо равна разности географическихъ долготъ обоихъ мѣстъ. Слѣдовательно, ее можно находить совершенно независимо отъ географическихъ широтъ.

На практикѣ, конечно, опредѣленіе географическихъ долготъ не такъ-то просто, въ виду того, что отъ этихъ опредѣленій требуется величайшая точность. Такъ какъ наблюденія должны производиться одновременно въ двухъ удаленныхъ другъ отъ друга мѣстахъ, то для этого нужны два инструмента, два наблюдателя и двое нормальныхъ часовъ. Ошибки, вносимыя каждымъ изъ нихъ, должны быть устранены изъ результата. Мы уже знаемъ, какъ опредѣлять ошибки меридіаннаго круга, нормальныхъ часовъ и наблюдателя. Но возникаетъ затрудненіе, какъ сравнить въ данный моментъ показаніе однихъ нормальныхъ часовъ съ другими на далекомъ разстояніи. Прежде для этой цѣли было одно только средство: сначала сравнивали одни или нѣсколько переносныхъ часовъ, т. е., напр., морскихъ или столовыхъ хронометровъ, съ нормальными часами, и затѣмъ съ этими хронометрами ѣхали къ мѣсту, гдѣ находились другіе часы, которые также сравнивали съ хронометромъ. Ясно, что при этомъ должны вкрасться не поддающіяся вычисленію ошибки. Теперь же, благодаря помощи электрическихъ телеграфовъ, покрывающихъ сѣтью всѣ страны, переводъ времени необычайно облегчается и производится значительно точнѣе. Когда ведется какое-либо важное опредѣленіе долготы, то телеграфныя учрежденія предоставляютъ въ распоряженіе астрономовъ на нѣсколько часовъ ночью проволоку, соединяющую прямо обѣ обсерваторіи. Соединенія устроены такимъ образомъ, что электрическіе контакты однихъ нормальныхъ часовъ приводятъ въ дѣйствіе секундный штифтъ хронографа въ другомъ мѣстѣ наблюденія, второй же штифтъ хронографа приводится въ дѣйствіе мѣстными часами. Тогда разности секундныхъ точекъ указываютъ непосредственно разность въ показаніяхъ обоихъ нормальныхъ часовъ. Самыми точными наблюденіями другого рода устраняютъ ошибки, зависящія отъ хронографа и отъ времени, какое нужно для электрическаго тока, чтобы дойти отъ одного мѣста до другого, а также отъ вліянія „личнаго уравненія“.

Такія телеграфныя опредѣленія долготы выполнялись уже много разъ по всѣмъ направленіямъ на значительныхъ площадяхъ, даже при помощи трансатлантическаго кабеля. Полученныя разности долготъ, выраженныя во времени, мы легко можемъ перевести на угловую мѣру, умноживъ ихъ на 15 (360 градусовъ = 24 часамъ). Если такое опредѣленіе произведено между двумя мѣстами, которыя лежатъ, напр., на экваторѣ и разстояніе которыхъ другъ отъ друга извѣстно въ какой-нибудь обычной мѣрѣ длины, то, предполагая, что земля есть правильный шаръ, мы можемъ вычислить длину всей земной окружности и выразить ее въ этихъ мѣрахъ длины. Если, напр., мы нашли, что два мѣста на экваторѣ имѣютъ разность долготъ въ 2 градуса, то это значитъ, что разстояніе между ними равно одной 180-й части всей земной окружности, такъ какъ экваторъ дѣлится на 360 градусовъ долготы. Если въ то же время мы какимъ-либо образомъ узнали, что оба мѣста находятся другъ отъ друга на разстояніи 30 миль, тогда вся окружность земли по экватору оказалась бы равной 30×180=5400 миль. Нѣтъ надобности производить измѣреніе непремѣнно по экватору, такъ какъ, зная разность широтъ, которыя непосредственно получаются измѣреніемъ высоты полюса, весьма легко опредѣленія долготъ, произведенныя подъ любой высотой полюса, свести на экваторъ или другой „большой кругъ" на земномъ шарѣ. Итакъ, для того, чтобы выразить размѣры земли въ какой-либо мѣрѣ, находящейся въ нашихъ рукахъ, надо опредѣлить географическое положеніе двухъ точекъ на земной поверхности и измѣрить данной единицей длины кратчайшее разстояніе между обѣими по большому кругу. Это — задача тріангуляціи.

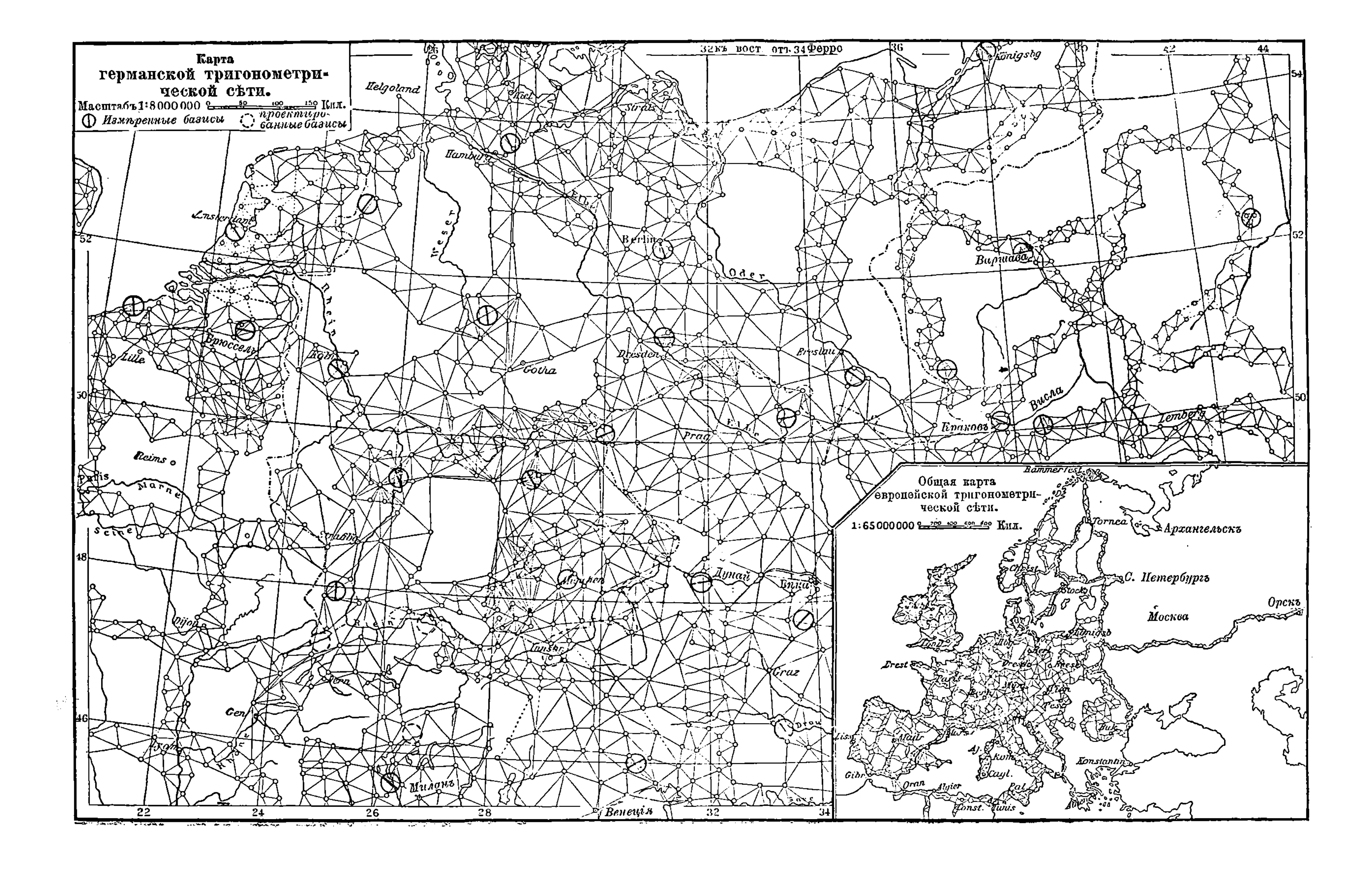
Теоретически эта задача также представляется легкой. Земную поверхность между мѣстами наблюденія мысленно покрываютъ большими треугольниками. Затѣмъ съ теодолитомъ, переноснымъ угломѣрнымъ инструментомъ, построеннымъ совершенно такъ же, какъ альтазимутъ, посѣщаютъ послѣдовательно всѣ вершины треугольниковъ (которыя надо выбрать, соотвѣтственно рельефу мѣстности, такъ, чтобы съ каждой изъ нихъ можно было видѣть достаточное количество другихъ вершинъ) и измѣряютъ всѣ углы всей сѣти. Какъ извѣстно, величины двухъ сторонъ треугольника можно вычислить, если мы знаемъ величины третьей стороны и угловъ треугольника. Треугольники всей сѣти тріангуляціи можно расположить такъ, чтобы каждые два треугольника имѣли общую сторону Слѣдовательно, стоитъ только измѣрить одну сторону всей этой системы, и мы найдемъ длины всѣхъ сторонъ, зная величины угловъ. Обѣ крайнія точки всей сѣти треугольниковъ совпадаютъ съ меридіанными кругами мѣстъ наблюденія. Разстояніе между этими точками так. обр. можно выразить при помощи тріангуляціи въ тѣхъ же мѣрахъ длины, въ какихъ въ дѣйствительности измѣрена одна сторона. Эту послѣднюю называютъ базисомъ тріангуляціи. Совокупность необходимыхъ для этого операцій — измѣреніе базиса, тріангуляція и географическое опредѣленіе мѣста, называютъ градуснымъ измѣреніемъ, потому что именно такимъ образомъ измѣряютъ дѣйствительную длину градуса на земной поверхности.

Понятно, что на практикѣ эта исполинская работа — мысленно вымѣрять землю нашими мѣрами — наталкивается на значительныя затрудненія. Нѣсколько десятилѣтій тому назадъ много выдающихся астрономовъ нашего континента составили европейскую или международную комиссію для градуснаго измѣренія. Теперь съ неутомимой энергіей эта комиссія покрываетъ всю Европу сложной сѣтью треугольниковъ, современное положеніе которой мы даемъ на картѣ на стр. 461. Съ помощью этой массы линій и угловъ имѣютъ въ виду измѣрить возможно большую часть Европы, во-первыхъ, приблизительно въ направленіи

круговъ широты, отъ Орска до Лиссабона, а во-вторыхъ, перпендикулярно къ этому, въ направленіи меридіана, т. е. отъ Нордкапа приблизительно до Бухареста. На картѣ можно сразу видѣть, что это, дѣйствительно, гигантская работа. Каждый изъ этихъ безчисленныхъ треугольниковъ надо измѣрить много разъ, а это сопряжено съ большими затрудненіями для наблюдателя, особенно въ гористыхъ мѣстностяхъ. Вслѣдствіе неизбѣжныхъ ошибокъ наблюденія, сумма угловъ такого колоссальнаго треугольника никогда не бываетъ, какъ того требуетъ теорія, точно равна 180 градусамъ, поэтому приходится брать большое число сосѣднихъ треугольниковъ, чтобы изъ соотвѣтствующихъ наблюденій, по методу наименьшихъ квадратовъ, найти дѣйствительную величину этихъ угловъ. Кромѣ того производятъ, такъ называемое, уравнительное вычисленіе. Все это весьма скучныя операціи. Далѣе, параллельно съ тріангуляціей должна производиться точная нивеллировка всей области, такъ какъ измѣряемые треугольники вслѣдствіе неровности почвы, конечно, не могутъ лежать горизонтально. Въ виду того, что сѣть треугольниковъ, теоретически, должна лежать на земной поверхности, съ помощью данныхъ точнаго нивеллированія, нужно привести наблюденія къ нормальной поверхности. Эта поверхность не можетъ быть плоской, касательной къ какому-либо мѣсту наблюденія, такъ какъ, въ дѣйствительности, земная поверхность имѣетъ кривизну. Треугольники на шарѣ, т. е. сферическіе треугольники, имѣютъ сумму угловъ больше 180 градусовъ; слѣдовательно, въ измѣренные плоскіе треугольники надо еще ввести поправку, такъ называемый, сферическій избытокъ.

Наконецъ, для того, чтобы всѣ стороны сложной сѣти треугольниковъ выразить въ данной единицѣ мѣры, нужно еще произвести измѣреніе базиса. По практическимъ соображеніямъ не слѣдуетъ брать базисъ очень большой длины. Обыкновенно довольствуются 10—20 клм. На нашей картѣ (стр. 461) мѣста, гдѣ производились измѣренія базиса, отмѣчены знакомъ Θ. Для того, чтобы всѣ эти работы соединить въ одинъ общій результатъ, само собой понятно, надо было бы примѣнить въ принципѣ одинъ и тотъ же масштабъ во всей европейской области градуснаго измѣренія. Такъ какъ на практикѣ это невыполнимо, то возникаютъ новыя очень значительныя затрудненія, вслѣдствіе необходимости сравнить по возможности точно всѣ примѣненные масштабы. Это дѣлается съ помощью очень точныхъ инструментовъ, такъ называемыхъ, компараторовъ, которые хранятся въ „повѣрочныхъ учрежденіяхъ“, — въ палатахъ мѣръ и вѣсовъ различныхъ странъ. Масштабъ, служащій для сравненія на компараторѣ, время отъ времени свѣряютъ съ другимъ. Этотъ послѣдній хранится въ хорошо оберегаемомъ помѣщеніи архива, откуда его извлекаютъ въ рѣдкихъ случаяхъ, чтобы онъ по возможности меньше былъ въ употребленіи. Онъ-то и служитъ собственно прототипомъ длины для данной страны. Для того, чтобы, въ цѣляхъ градуснаго измѣренія, вполнѣ согласовать между собою мѣстные прототипы, постановлено основнымъ прототипомъ для всѣхъ считать метръ, находящійся въ Парижѣ и принадлежащій международной комиссіи мѣръ и вѣсовъ. Слѣдовательно, съ нимъ должны быть свѣрены въ послѣдней инстанціи всѣ мѣстные прототипы. Вслѣдствіе такой организаціи всѣ измѣренія на всей землѣ а въ концѣ концовъ, и во всемъ небесномъ пространствѣ производятся этимъ однимъ парижскимъ метромъ. Такимъ образомъ мы должны имѣть въ виду, что во всѣхъ абсолютныхъ данныхъ, помимо иныхъ неточностей, всегда входитъ съ очень большимъ коэффиціентомъ еще та ошибка, которая остается въ опредѣленіи истинной длины парижскаго прототипа метра.

При измѣреніи базиса и при устройствѣ базиснаго аппарата обращается вниманіе на слѣдующія стороны:


Карта
германской тригонометрической сѣти.
Масштабъ 1:8000000
Килм.
Измѣренные базисы
проектированные базисы
32 къ вост. отъ 34 Ферро
Helgoland
Königsbg
Hamburg
Elbe
Weser
Rhein
Berlin
Oder
Варшава
Брюссель
Lille
Gotha
Dresden
Breslau
Висла
Краковъ
Lemberg
Reims
Paris
Marne
Seine
Prag
Дунай
Вѣна
Dijon
Innsbr.
Graz
Genf
Lyon
Миланъ
Венеція
Общая карта
европейской тригонометрической сѣти.
1:65000000
Килм.
Hammerfest
Tornea
Архангельскъ
С. Петербургъ
Москва
Орскъ
Brest
Madr.
Gibr.
Oran
Algier
Konstantin.

1) Длина измѣрительныхъ жезловъ должна быть легко находима для любой температуры, какая наблюдается при измѣреніи.

2) Если базисный аппаратъ состоитъ изъ нѣсколькихъ жезловъ, какъ это бываетъ обыкновенно, то при измѣреніи длины базиса необходимо оставлять между жезлами нѣкоторый промежутокъ; иначе при непосредственномъ наложеніи слѣдующаго жезла можетъ произойти смѣщеніе предыдущаго.

3) Необходимо помѣщать весь аппаратъ на прочномъ и неподвижномъ основаніи, которое позволяло бы дѣлать легкое поднятіе и опусканіе жезловъ и удобно производить прокладываніе ихъ по направленію базиса. Незначительныя наклоненія жезловъ должны быть опредѣляемы измѣреніемъ.

4) Въ концѣ каждаго дня точка на землѣ, до которой доведено измѣреніе, должна быть отмѣчена точно. Начало измѣреній на конечныхъ точкахъ базиса также требуетъ особыхъ пріемовъ.

Опредѣленіе длины жезловъ при различныхъ температурахъ весьма остроумно разрѣшено Борда. По его мысли, самый измѣрительный жезлъ служитъ металлическимъ термометромъ и показываетъ свою собственную температуру. Онъ составляется изъ двухъ лежащихъ другъ на другѣ стержней изъ различныхъ металловъ, которые имѣютъ весьма неодинаковые коэффиціенты расширенія, напр. изъ желѣза и цинка, или платины и мѣди (см. стр. 463). Соединены они другъ съ другомъ только въ одной точкѣ, такъ что расширеніе, при повышеніи температуры, для каждаго совершается вполнѣ независимо. Въ базисномъ аппаратѣ Бесселя цинковый жезлъ снабженъ двумя стальными концевыми частями, которыя оканчиваются горизонтальными клиньями. На болѣе длинномъ желѣзномъ стержнѣ также находится сверху стальной кусокъ, который съ обѣихъ сторонъ заканчивается вертикальными клиньями. Измѣривъ разстояніе между обоими ребрами клиньевъ k_1 и k_2 мы узнаемъ длину жезла, соотвѣтствующую температурѣ въ данный моментъ. Стоитъ только опредѣлить еще разстояніе k_3 k_4 между ребрами металлическаго термометра, и посредствомъ этой величины мы можемъ найти длину измѣрительнаго жезла при нормальной температурѣ.

Вторая задача касается измѣренія промежутка, который оставляется между отдѣльными жезлами, а также разстоянія k_3 k_4 между конечными мѣтками металлическаго термометра. Бессель опредѣлялъ эти разстоянія съ помощью тонкихъ стеклянныхъ клиньевъ, которые вставлялись между горизонтальными и вертикальными концевыми ребрами стержней. На параллельныхъ боковыхъ граняхъ стеклянныхъ клиньевъ имѣлись точныя дѣленія, по которымъ очень хорошо можно было отсчитывать толщину клина съ точностью почти до тысячной части линіи. Но такъ какъ при вдвиганіи стеклянныхъ клиньевъ можетъ произойти смѣщеніе жезловъ, то въ послѣднее время, для опредѣленія разстоянія между конечными точками жезловъ и металлическаго термометра, примѣняютъ микроскопы, снабженные полнымъ микрометрическимъ приборомъ. Подвижную тонкую нить микрометра перемѣщаютъ такъ, чтобы она покрыла послѣдовательно тонкія нити, которыми отмѣчаются концы измѣрительныхъ жезловъ, и производятъ отсчетъ по микрометрическому винту. Микроскопы устанавливаютъ какъ можно устойчивѣе, независимо отъ измѣрительныхъ жезловъ.

Условію, указанному въ третьемъ пунктѣ, удовлетворяютъ тѣмъ, что снабжаютъ измѣрительный аппаратъ уровнемъ для опредѣленія наклона и спеціальными приспособленіями для точной установки жезловъ въ направленіи базиса. Конечный пунктъ измѣренія, произведеннаго за день, отмѣчаютъ такъ: въ землю врываютъ столбъ, снабженный сверху металлической пластинкой; на ней при помощи отвѣса и отмѣчаютъ положеніе точки, до которой доведено измѣреніе.

Понятно, что во время измѣренія аппаратъ постоянно долженъ быть закрытъ отъ вліянія солнечныхъ лучей. Поэтому измѣреніе производятъ подъ галлереей, которую, по мѣрѣ производства работы, передвигаютъ впередъ по линіи базиса (см. рис. на стр. 464).

Прежде чѣмъ познакомиться съ результатами современныхъ геодезическихъ работъ, мы сдѣлаемъ краткій обзоръ прежнихъ попытокъ рѣшить трудную задачу опредѣленія размѣровъ земли. Такія попытки, опирающіяся на описанномъ принципѣ, дѣлались уже очень давно. Такъ, напр., остроумный Клеомедъ, жившій во время Аристарха, говоритъ: „Для тѣхъ, которые живутъ въ Лизимахіи, въ зенитѣ находится голова Дракона, въ Сіенѣ же въ зенитѣ стоитъ Ракъ; пространство между Дракономъ и Ракомъ, какъ показываетъ гномонъ, равно 15-й части меридіана Лизимахіи и Сіены, которыя удалены другъ отъ друга на 20,000 стадій. Слѣдовательно, полный кругъ равенъ 300,000 стадій". Но собственно измѣ-

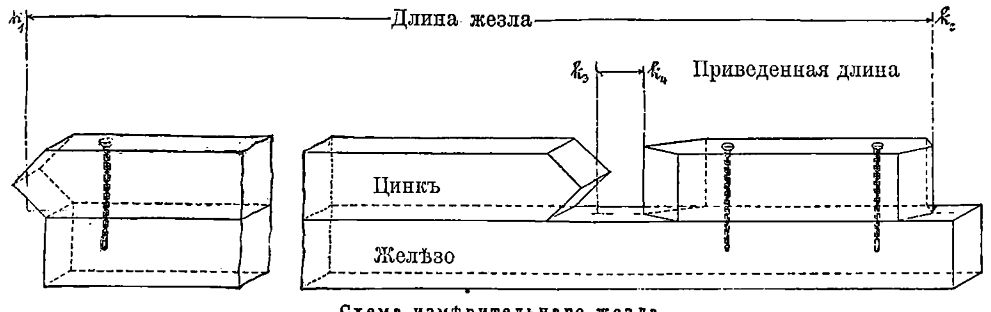
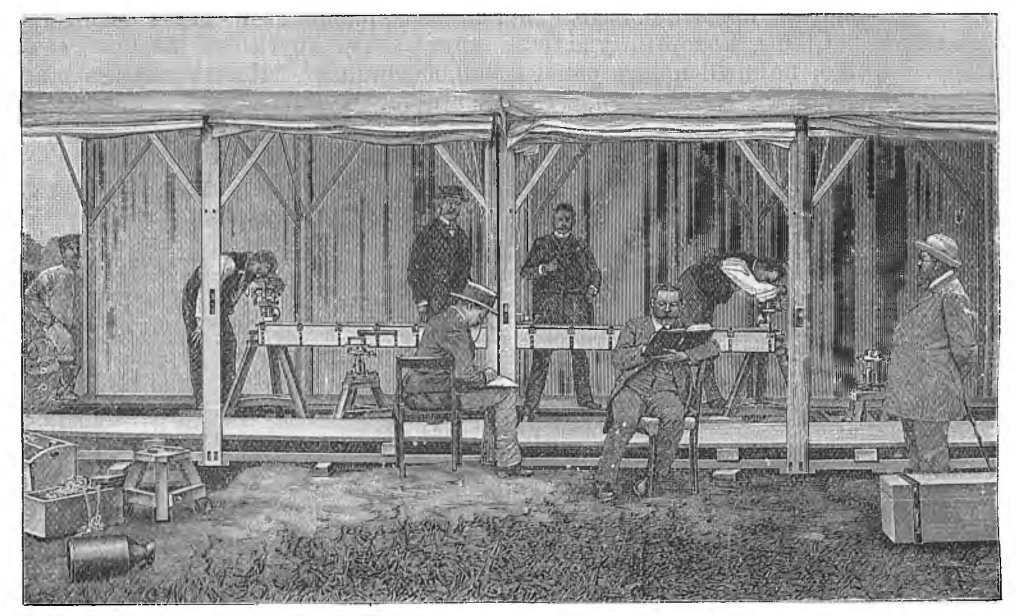


Схема измѣрительнаго жезла.

реніе въ этомъ смыслѣ предприняла впервые, по преданію, Эратосѳенъ въ Александріи. Онъ опредѣлилъ, что, когда лѣтомъ солнце достигаетъ высшей своей точки на небѣ, то въ Александріи оно отстоитъ отъ зенита на $7^1/_6{}^0$; далѣе онъ узналъ, что въ это же время солнце въ Сіенѣ въ полдень отражается въ одномъ глубокомъ колодцѣ, т. е. тамъ оно стоитъ въ самомъ зенитѣ. Угловое разстояніе по небесному своду между обоими мѣстами, т. е. $7^1/_6{}^0$, равно въ круглыхъ числахъ 50-й части всей окружности круга; а такъ какъ Сіена отъ Александріи отстоитъ на 5000 стадій, то для окружности земли получается 50×5000=250,000 стадій. Вполнѣ по способу современнаго измѣренія поступили въ 827 году арабскіе астрономы Халибъ бен-Абдулмеликъ и Али бен-Иса. Они выбрали удобную точку и отошли отъ нея по возможности точно на одинъ градусъ къ сѣверу и къ югу, наблюдая полуденную высоту солнца. Разстояніе между обѣими крайними точками было измѣрено шестами. Они нашли длину градуса равною $56^2/_3$ арабскихъ миль. Было бы интересно по возможности точно сравнить съ современными данными это первое дѣйствительное градусное измѣреніе, произведенное, несомнѣнно, съ большой тщательностью. Къ сожалѣнію, это оказывается невозможнымъ, потому что мы не имѣемъ достовѣрныхъ извѣстій о длинѣ арабской мили. Въ соотвѣтственныхъ сочиненіяхъ сказано, что она равна длинѣ 4000 локтей; локоть дѣлился на 8 кулаковъ, кулакъ на 4 пальца, палецъ на 6 ячменныхъ зеренъ и, наконецъ, ячменное зерно на 6 мѣръ, равныхъ каждая толщинѣ волоса съ ослиной морды. Мы можемъ руководиться только этими послѣдними единицами мѣры, заимствованными изъ природы, чтобы произвести сравненіе. Такимъ способомъ мы найдемъ, что, по описанному арабскому градусному измѣренію, земная окружность равна 2600 милліонамъ пальцевъ. По современнымъ даннымъ окружность земли равняется приблизительно 2500 милліо-

намъ пальцевъ, если принять толщину пальца равною 16 миллиметрамъ: эта величина соотвѣтствуетъ уже пальцу небольшихъ размѣровъ. Во всякомъ случаѣ можно видѣть, что арабы были не далеки отъ истины.

Подобными мѣрами, взятыми изъ природы, какъ длина локтя, толщина пальца и т. п., пользовались, какъ извѣстно, до позднѣйшаго времени. Еще и теперь употребляются футы (= ступня). Футъ дѣлятъ на двѣнадцать дюймовъ, длина дюйма соотвѣтствуетъ длинѣ одного сустава пальца. При этомъ исходили изъ того вполнѣ правильнаго соображенія, что старались сдѣлать мѣру независимою отъ людского произвола и дать одинаковую мѣру для всѣхъ людей. Дѣйствительно, такая мѣра представляла нѣчто непреходящее. О ней уже одно преданіе даетъ намъ довольно опредѣленное представленіе, какого мы не получили бы, если бы она была выбрана произвольно, и до насъ не дошло бы ни одного экземпляра масштаба. Это и произошло, дѣйствительно, съ греческими стадіями, объ истинной длинѣ которыхъ мы не знаемъ ничего опредѣленнаго.



Ходъ работъ при измѣреніи базиса.

Но, къ сожалѣнію, прототипы такихъ системъ измѣренія, взятые изъ живой природы, имѣютъ очень различную величину. Поэтому скоро должны были придти къ рѣшенію,— особенно для того, чтобы внести порядокъ въ торговыя сношенія, — выбрать постоянную единицу мѣры, напр., нормальный футъ. Къ сожалѣнію, въ этомъ вопросѣ страны не сразу пришли къ соглашенію. Поэтому существовало большое число различныхъ футовъ и дюймовъ. Это обстоятельство, конечно, все болѣе затрудняло постоянно развивавшіяся международныя сношенія. И потому надо считать спасительной идеей рѣшеніе оставить всю прежнюю систему и выбрать мѣру, прототипъ которой заключался бы не въ живой природѣ, но въ наиболѣе неизмѣнномъ тѣлѣ, которое мы можемъ прямо измѣрить, именно въ самой нашей планетѣ. 18 жерминаля III года Французской Республики, т. е. 7 апрѣля 1795 г. французскій конвентъ по докладу гражданина Клода Антуана Пріёра (Prieur) рѣшилъ объявить единицею мѣры на будущее время метръ, сорокамилліонную часть земной окружности, измѣренной по парижскому меридіану отъ полюса до полюса черезъ экваторъ.

Надо было, конечно, опредѣлить, какова длина сорокамилліонной части этого меридіана въ доляхъ принятой до тѣхъ поръ единицы мѣръ. Это можно было бы сдѣлать съ достаточнымъ приближеніемъ, если бы масштабы, которые примѣнялись при прежнихъ градусныхъ измѣреніяхъ, произведенныхъ уже на большомъ протяженіи, оставались еще не поврежденными. Но какой-то злой рокъ тяготѣлъ надъ этими драгоцѣнными документами. Съ древнихъ временъ единицею мѣры во Франціи служила желѣзная полоса, которая была вдѣлана въ стѣну одного стараго зданія, Grand Châtelet. На обоихъ концахъ этой полосы находились выступы, между которыми и должны были точно входить сравниваемые масштабы. Соотвѣтственную длину называли туазомъ. Туазъ, со своей стороны, дѣлился на шесть парижскихъ футовъ. Но выступы вслѣдствіе употребленія все болѣе стирались, а кромѣ того ржавѣли. Когда въ 1669—70 гг. Пикаръ рѣшилъ произвести градусное измѣреніе во Франціи, на туазѣ Châtelet были придѣланы новые выступы, разстояніе между которыми оказалось на нѣсколько линій меньше, чѣмъ между старыми. Съ этою мѣрою длины, названной новымъ нормальнымъ туазомъ, и было произведено градусное измѣреніе.

Чтобы сохранить эту новую нормальную мѣру для потомства, Пикаръ весьма остроумно придумалъ свѣрить ее съ природной мѣрою, которую во всякое время, по крайней мѣрѣ по его мнѣнію, было бы легко опять возстановить: именно, съ длиною простого секунднаго маятника. Какъ ранѣе мы сообщали, качающійся стержень, подъ вліяніемъ постояннаго дѣйствія тяжести, совершаетъ каჩанія въ абсолютно равные промежутки времени; величина этихъ промежутковъ зависитъ непосредственно отъ длины маятника. Такъ какъ промежутокъ времени въ одну секунду всегда можно опредѣлить съ большою точностью, пользуясь вращеніемъ небеснаго свода, то всегда можно приготовить маятникъ такой длины, чтобы онъ точно отбивалъ секунды. Пикаръ измѣрилъ найденную имъ экспериментально длину простого секунднаго маятника въ Парижѣ въ частяхъ своего нормальнаго туаза; онъ нашелъ ее равною 36 дм. $8^1/_2$ линіямъ. Дѣйствительно, достаточно, чтобы только это число перешло къ потомству, и по нему можно возстановить длину нормальнаго туаза, если бы онъ затерялся; ибо длину секунднаго маятника во всякое время можно найти. Мало того: Пикаръ приготовилъ еще одинъ стержень, равный по длинѣ секундному маятнику, и оба масштаба были отданы на храненіе въ парижскую обсерваторію. Можно было бы думать, что теперь приняты всѣ возможныя мѣры для сохраненія этихъ нормальныхъ прототиповъ. Но когда позднѣе, при слѣдующемъ градусномъ измѣреніи, стали ихъ отыскивать, то не нашли ни того, ни другого масштаба. Съ другой стороны, оказалось, что измѣреніе длины маятника, произведенное Пикаромъ, не отличалось должной точностью: имъ не были приняты многія предосторожности и также не были введены нѣкоторыя необходимыя поправки. Поэтому градусное измѣреніе Пикара нельзя было сравнить съ позднѣйшими результатами, тѣмъ болѣе, что новые выступы на туазѣ Châtelet, какъ оказалось, изогнулись. Произведенныя между тѣмъ новыя градусныя измѣренія, прошедшія черезъ Францію съ сѣвера на югъ и съ востока на западъ, привели къ странному результату: градусъ меридіана въ южной Франціи оказался больше, чѣмъ въ сѣверной. Это значило бы, что земля не есть правильный шаръ, но что она удлинена къ полюсамъ. Уже съ перваго взгляда это было очень невѣроятно, и потому надо было заключить, что въ этихъ градусныхъ измѣреніяхъ были сдѣланы значительныя ошибки.

Немедленно было рѣшено произвести новыя опредѣленія. Снаряжены были двѣ большія экспедиціи, одна въ область экватора, въ Перу, другая въ Лапландію, спеціально съ тою цѣлью, чтобы подойти къ рѣшенію

вопроса объ истинной формѣ земли, представляетъ ли она сжатое тѣло. Были приготовлены двѣ новыхъ копіи съ туаза Châtelet и переданы той и другой экспедиціи. Но при этомъ опять сдѣлана была большая неосторожность: не было приготовлено третьей копіи, которая оставалась бы въ Парижѣ. Оба градусныхъ измѣренія производились съ большой тщательностью. Работа была сопряжена съ громадными затрудненіями, особенно въ Лапландіи. Базисъ былъ тамъ измѣренъ по льду рѣки Торнео, такъ называемымъ, сѣвернымъ туазомъ (toise du nord). Послѣ многолѣтней работы задача была окончена, но на обратномъ пути корабль, везшій драгоцѣнный нормальный жезлъ, потерпѣлъ крушеніе въ Ботническомъ заливѣ. Когда желѣзный жезлъ, пролежавшій долгое время въ морской водѣ, вновь былъ добытъ, оказалось, что онъ совершенно перержавѣлъ. Вторичное сравненіе его съ туазомъ перуанскимъ (toise de Pérou) стало, конечно, невозможнымъ, и нельзя было рѣшить вопроса, измѣнились ли оба прототипа при долгой работѣ и насколько. Туазъ перуанскій также не возвратился прямо въ Парижъ, но примѣнялся въ Америкѣ еще для многихъ измѣреній, и, наконецъ, только въ 1748 г., т. е болѣе чѣмъ черезъ десять лѣтъ послѣ производства градуснаго измѣренія, онъ вновь вернулся въ Европу. По возвращеніи его опять не было принято мѣръ къ тщательному его сохраненію. Только въ 1756 г. отыскали три масштаба, сохранившіеся отъ этого памятнаго времени, именно перуанскій туазъ, затѣмъ сѣверный туазъ, реставрированный, на сколько было возможно, и третій, который находился въ частныхъ рукахъ и считался точной копіей, приготовленной въ свое время. Всѣ они оказались различной длины. Хотя разница равнялась только $^1/_9$ парижской линіи, но для всей длины окружности земли разница получилась бы круглымъ числомъ въ 10 клм., смотря по тому, взятъ ли тотъ или другой туазъ. Въ виду того, что земной поперечникъ, какъ мы увидимъ, долженъ служить, со своей стороны, базисомъ для построенія треугольниковъ, вершины которыхъ достигаютъ остальныхъ небесныхъ свѣтилъ, такую большую неточность въ опредѣленіи длины этого базиса допустить нельзя. Поэтому не оставалось ничего иного, какъ сдѣлать новое градусное измѣреніе. Единицею принятъ былъ перуанскій туазъ, съ него приготовили весьма тщательно 80 копій, которыя распредѣлили по различнымъ учрежденіямъ страны. Однако, какъ небрежно обращались съ ними, видно изъ того, что въ настоящее время осталось только двѣ этихъ копіи: одна находится въ Парижѣ, другая въ кильскомъ университетѣ.

Въ виду того, что отношеніе длины перуанскаго туаза къ окружности меридіана не было извѣстно въ точности, нельзя было, согласно постановленію національнаго конвента, выразить длину метра въ частяхъ этого туаза или какого-нибудь другого масштаба, если бы даже произведенное съ нимъ градусное измѣреніе считать правильнымъ. Хотя и было рѣшено произвести новое градусное измѣреніе, однако, для введенія метра, не хотѣли ждать результатовъ этого измѣренія. Поэтому длину въ 443,44 линіи перуанскаго туаза, который въ цѣломъ имѣлъ въ длину 864 линіи, приняли за предварительный метръ (mètre provisoire), полагая, очевидно, что это отношеніе близко къ истинѣ. Когда же Мешенъ и Деламбръ въ 1806 году закончили новое градусное измѣреніе, предпринятое по рѣшенію національнаго собранія 1792 г. и обнимавшее дугу меридіана приблизительно въ $12^1/_2$ градусовъ, то оказалось, что, согласно опредѣленію, метръ равенъ 443,295936 линіямъ перуанскаго туаза при температурѣ въ 13^0 R. Слѣдовательно, при первомъ допущеніи была сдѣлана ошибка болѣе. чѣмъ въ $^1/_{10}$ линіи. Окончательную длину метра рѣшено было считать равною **443,296** линіямъ перуанскаго туаза, и признавать неизмѣнною подъ названіемъ условнаго или конвенціоннаго метра. Теперь извѣстно, что этотъ метръ все-

таки отличается приблизительно на $^1/_{25}$ парижской линіи отъ величины абсолютнаго метра по его первоначальному опредѣленію, и именно короче на эту величину.

Послѣ того, какъ было потрачено такъ много усилій, остроумія, а также средствъ для нахожденія основной мѣры, были, наконецъ, приложены заботы и къ тому, чтобы вполнѣ обезпечить сохранность этой столь простой по виду линейки, въ которой на самомъ дѣлѣ воплощается вся эта масса знанія и энергіи.. Было изготовлено значительное число копій съ этого условнаго метра изъ сплава платины и иридія, который отличается неизмѣняемостью. Копіи эти распредѣлены между повѣрочными учрежденіями различныхъ странъ, участвовавшихъ въ конференціи. Одна изъ этихъ копій, представляющая собственный прототипъ, хранится въ подвалѣ Bureau international des poids et mesures въ Бретейлѣ около Парижа. Она сохраняется, какъ драгоцѣнное сокровище, въ особомъ отдѣленіи подъ замкомъ и доступна только въ присутствіи извѣстнаго числа представителей международной комиссіи мѣръ и вѣсовъ.

Такимъ образомъ окончательно пришлось отступить отъ мѣры, взятой изъ природы, и врядъ ли когда-нибудь возвратятся къ ней. Когда въ свое время, въ поискахъ единицы, отъ мѣры, взятой изъ органической природы, перешли къ неорганической, то руководились идеей дать по возможности неизмѣнную контрольную мѣру. Конечно, можно было найти въ неорганической природѣ иныя отношенія и зависимости, которыя лучше бы удовлетворяли этому условію, чѣмъ метръ по его первоначальному опредѣленію; напр., можно было бы гораздо легче и точнѣе измѣрить длину простого секунднаго маятника для опредѣленнаго мѣста, чѣмъ десятимилліонную часть меридіаннаго квадранта. Можно было бы даже найти единицы мѣры, независимыя отъ земныхъ условій: отъ величины земли, отъ силы тяжести, или отъ вращенія земли (мѣра времени). При ихъ помощи, разсуждая теоретически, можно было бы даже провѣрять неизмѣнность этихъ послѣднихъ величинъ. Къ такимъ единицамъ мѣръ принадлежатъ, напр., свѣтовыя колебанія эфира. Разстояніе двухъ линій спектра не измѣняется отъ земныхъ вліяній.

Но отъ всѣхъ этихъ мѣръ, взятыхъ изъ природы, опять пришлось бы перейти къ условнымъ мѣрамъ, такъ какъ измѣреніе величинъ, встрѣчающихся въ природѣ, не достигло еще той точности, съ какою нынѣ производится сравненіе мѣръ и вѣсовъ. Представимъ себѣ, что черезъ нѣсколько столѣтій будетъ произведено обширное градусное измѣреніе, которое дастъ для метра новую величину, и положимъ, что отношеніе этой величины къ нашему условному метру окажется совершенно непонятнымъ съ перваго раза. Въ такомъ случаѣ возможны три рѣшенія вопроса: или сдѣлана ошибка въ градусномъ измѣреніи, или дѣйствительно могла измѣниться величина земли, или, наконецъ, сравненіе обоихъ метровъ сдѣлано неправильно. При томъ условіи, что во всѣхъ работахъ, относящихся къ этому опредѣленію, преслѣдовалась наибольшая точность, какой только можно было достигнуть, вопросъ этотъ при современномъ положеніи вещей, рѣшался бы просто. Ошибки прямого сравненія мѣръ, по сравненію съ ошибками градуснаго измѣренія, ничтожно малы. Поэтому, если бы полученная разница, объясненіе которой требуется найти, превышала величину ошибки, какая допустима при градусномъ измѣреніи, то не оставалось бы никакого сомнѣнія въ томъ, что единственная возможная здѣсь причина есть измѣненіе размѣровъ самой земли. Слѣдовательно, нашу мѣру незачѣмъ было бы исправлять, какъ это предполагалось дѣлать прежде при подобнаго рода измѣреніяхъ, нѣтъ — здѣсь наша мѣра оказалась бы болѣе неизмѣнной и прочной сравнительно со всѣмъ земнымъ шаромъ. Это стало возможно, конечно, только въ нашу эпоху точныхъ измѣреній.

Между тѣмъ работы по градусному измѣренію непрерывно шли впередъ. Какъ уже упомянуто, онѣ завершились колоссальнымъ предпріятіемъ европейскаго градуснаго измѣренія, начатымъ по мысли прусскаго генерала Байера въ 1861 году и еще теперь не законченнымъ. Оно обнимаетъ не менѣе 69 градусовъ долготы и 38 градусовъ широты. Часть треугольниковъ громадныхъ размѣровъ пришлось строить надъ Средиземнымъ моремъ. При этомъ между двумя вершинами треугольника въ ту и другую сторону направляли солнечные лучи при помощи такъ называемаго геліостата, такъ какъ этихъ вершинъ нельзя было видѣть въ телескопы. Все это предпріятіе можно считать одною изъ обширнѣйшихъ и колоссальнѣйшихъ научныхъ работъ, какую когда-либо предпринимало человѣчество.



Фридрихъ Вильгельмъ Бессель (род. въ Минденѣ въ 1784 г., ум. въ Кёнигсбергѣ въ 1846 г.) Съ грав. на мѣди

Всѣ градусныя измѣренія, произведенныя до начала этого предпріятія, въ свое время сведены были къ одному общему результату Бесселемъ (см. прилаг. портретъ). По его даннымъ, квадрантъ меридіана, т. е. дуга отъ экватора до полюса, равенъ 10,000,855,76 условнымъ метрамъ, т. е. почти на одинъ километръ больше, чѣмъ слѣдуетъ по первоначальному опредѣленію метра. Оказалось, что градусъ меридіана около экватора равенъ 110,563,68 м., около полюса же 111,679,90 м., т. е. у полюса онъ значительно длиннѣе. Отсюда слѣдуетъ, что земля у полюсовъ сжата. Изъ этихъ чиселъ для земного меридіана слѣдуетъ, что разстояніе отъ сѣвернаго полюса до южнаго, считая черезъ центръ земли, на 299, 1528-ую часть его длины меньше чѣмъ разстояніе между двумя точками на экваторѣ, считая также черезъ земной центръ. Съ помощью данныхъ Бесселя легко опредѣлить, что разстояніе полюса отъ центра земли равно 6.356,078,96 м., разстояніе точки на экваторѣ отъ центра земли равно 6,377,397,15 м. Это послѣднее разстояніе круглымъ числомъ на $21^1/_3$ клм. длиннѣе перваго.

Слѣдовательно, по Бесселю, земля есть эллипсоидъ вращенія, т. е. тѣло, которое образуется отъ вращенія эллипса вокругъ его малой оси. Въ природѣ такое тѣло получается въ томъ случаѣ, когда жидкая,

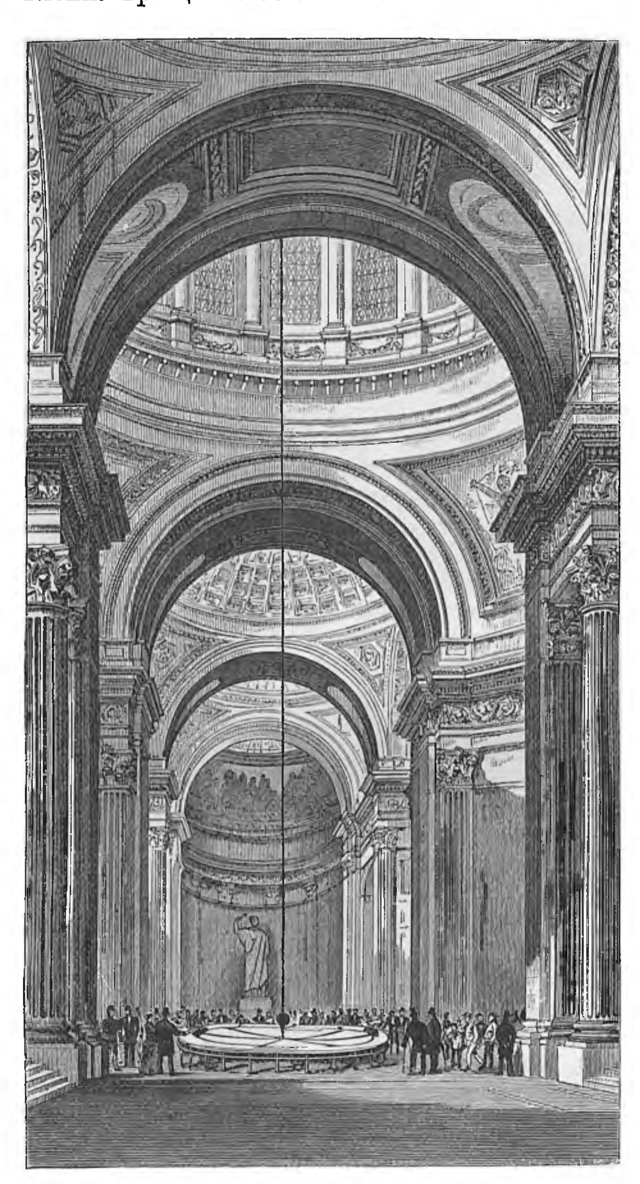
или упругоуступчивая масса находится во вращательномъ движеніи. Свободно предоставленная самой себѣ такая масса приметъ форму шара, какъ висящая въ воздухѣ капля, и этотъ шаръ тѣмъ болѣе будетъ сплющенъ, чѣмъ быстрѣе совершается его вращеніе вокругъ собственной оси. Теоретически можно показать, что тѣло такихъ размѣровъ, какъ земля, даже въ томъ случаѣ, если массы, составляющія его, обладаютъ такою же степенью твердости, какъ и земная кора, скоро приметъ форму эллипсоида, если оно изъ состоянія покоя перейдетъ въ состояніе вращательнаго движенія и, наоборотъ, вновь приметъ форму шара, какъ только перестанетъ вращаться.

Наблюденное сжатіе земли было бы поэтому достаточнымъ доказательствомъ ея вращенія вокругъ полярной оси, если бы мы не имѣли возможности судить объ этомъ движеніи земли по суточному движенію небеснаго свода. До сихъ поръ мы все-таки еще имѣли выборъ между двумя a priori одинаковыми допущеніями: или твердый, шарообразный небесный сводъ, облекающій землю, обращается разъ въ сутки съ востока на западъ вокругъ міровой оси, проходящей между небесными полюсами, или же мы сами со всѣмъ земнымъ шаромъ вращаемся въ теченіе того же самаго времени съ запада на востокъ. Въ послѣднемъ случаѣ намъ нѣтъ необходимости допускать существованіе твердаго небеснаго свода, какъ это дѣлали творцы старыхъ міровыхъ системъ, руководясь непосредственно видимымъ, и мы можемъ представить себѣ, что звѣзды находятся на произвольныхъ и неодинаковыхъ разстояніяхъ отъ земли: измѣренія, съ которыми мы познакомимся въ свое время, показываютъ, что это такъ и есть въ дѣйствительности. Найденное сжатіе земли рѣшаетъ этотъ вопросъ въ пользу второго изъ сдѣланныхъ нами допущеній, т. е. въ пользу вращенія нашего мірового тѣла.

Какихъ трудовъ стоилъ этотъ результатъ, мы видѣли изъ предыдущаго. Но есть болѣе убѣдительныя доказательства вращенія земли; изъ нихъ самое поразительное представляетъ опытъ съ маятникомъ Фуко. Если подвѣсить маятникъ такъ, чтобы онъ могъ свободно качаться во всѣ стороны, то онъ сохраняетъ ту плоскость качанія, какая ему сообщена однимъ толчкомъ. И въ самомъ дѣлѣ, нѣтъ причины, по которой онъ долженъ выйти изъ этой плоскости. Чтобы непосредственно убѣдиться въ этомъ, можно продѣлать слѣдующій опытъ. Возьмемъ вращающійся кругъ и прикрѣпимъ къ нему дугообразную стойку. Къ самой высокой точкѣ этой стойки мы привѣсимъ маятникъ, могущій качаться свободно. Если маятникъ заставить качаться и въ то же время вращать кругъ, то всѣ поперечники круга послѣдовательно совпадутъ съ неизмѣнною плоскостью качанія маятника. Въ такомъ же положеніи будетъ находиться маятникъ, подвѣшенный какъ разъ надъ земнымъ полюсомъ. Центръ круга въ этомъ опытѣ соотвѣтствуетъ полюсу, а поперечники его соотвѣтствуютъ сходящимся въ полюсѣ отрѣзкамъ меридіановъ. Положимъ, что на одномъ изъ этихъ меридіановъ стоитъ наблюдатель. Вслѣдствіе вращенія земли съ запада на востокъ, онъ будетъ вращаться вокругъ полюса. При этомъ онъ увидитъ, что маятникъ отклоняется отъ востока къ западу, сохраняя свое направленіе, только не относительно земной поверхности, а относительно нѣкоторой постоянной плоскости въ міровомъ пространствѣ. Если вначалѣ маятникъ качался по направленію къ какой-либо опредѣленной звѣздѣ небеснаго свода, то его движеніе всегда останется направленнымъ къ этой звѣздѣ. Такимъ образомъ въ теченіе 24 часовъ маятникъ пройдетъ всѣ азимутные градусы горизонта. На полюсѣ всего яснѣе можно было бы демонстрировать движеніе земли при помощи маятника Фуко.

Совершенно иное мы наблюдали бы на этомъ приборѣ въ какой-либо

точкѣ экватора. Заставимъ его сначала качаться здѣсь съ запада на востокъ, тогда плоскость качанія останется постоянно параллельной направленію вращенія земли. Такъ какъ маятникъ показываетъ только измѣненіе этого направленія, то, слѣдовательно, его положеніе относительно горизонта здѣсь не измѣнится. То же самое, очевидно, произойдетъ, если мы заставимъ маятникъ качаться перпендикулярно экватору, т. е. въ направленіи отъ полюса къ полюсу, ибо небесные полюсы, какъ мы видѣли раньше, сохраняютъ неизмѣнное положеніе относительно горизонта. Какъ мы уже сказали, положеніе маятника относительно нѣкотораго постояннаго направленія въ пространствѣ остается неизмѣннымъ. Линія, соединяющая небесные полюсы, представляетъ какъ разъ такое постоянное направленіе. Поэтому маятникъ и не можетъ измѣнить здѣсь своего положенія относительно земной поверхности. Слѣдовательно, на экваторѣ онъ не покажетъ отклоненія, какъ бы мы его ни заставляли качаться. Для промежуточныхъ географическихъ широтъ мы имѣемъ промежуточныя отношенія, которыя можно точно вычислить теоретически. Фуко первый подтвердилъ эти теоретическіе выводы на практикѣ опытомъ, произведеннымъ въ большихъ размѣрахъ. Для такого опыта надо было взять очень длинный и тяжелый маятникъ, чтобы по возможности устранить всѣ препятствія, но главнымъ образомъ для того, чтобы маятникъ сохранялъ качанія въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. Само собою понятно, что ему нельзя сообщать, какъ въ часахъ съ маятникомъ, новыхъ толчковъ, такъ какъ они, конечно, измѣняли бы направленіе его качанія. Поэтому также для такого опыта необходимы очень высокія помѣщенія. Первый опытъ произведенъ былъ въ Пантеонѣ въ Парижѣ въ 1851 г. (см. прилагаемый рисунокъ). Шаръ маятника вѣсилъ 28 клгр. Маятникъ имѣлъ въ длину 76 метровъ и былъ подвѣшенъ къ самой верхней точкѣ купола этого громаднаго зданія. Онъ былъ выведенъ изъ положенія покоя и въ этомъ новомъ поло-



Опытъ съ маятникомъ Фуко въ парижскомъ Пантеонѣ.

женіи укрѣпленъ нитью. На полу подъ нимъ былъ насыпанъ изъ песку круглый валъ. При качаніи маятника остріе, которымъ былъ снабженъ его шаръ, оставляло слѣдъ на пескѣ. Для того, чтобы привести маятникъ въ дѣйствіе, пережигали нить, которою онъ былъ привязанъ. Дуга каченія, которую маятникъ проходилъ въ 8 секундъ, была равна 20 футамъ. Отклоненіе маятника отъ его первоначальнаго направленія, замѣченное уже черезъ нѣсколько минутъ, вполнѣ соотвѣтствовало сдѣланному заранѣе вычисленію.

Достопамятное въ исторіи культуры повтореніе этого опыта публично произвелъ ученый патеръ Секки въ церкви Игнатія въ Римѣ. 200 лѣтъ спустя послѣ того, какъ Галилей въ другой церкви того же города точно также публично долженъ былъ отречься отъ ученія о движеніи земли, какъ отъ безбожной ереси, духовное лицо взяло на себя смѣлость дать здѣсь неопровержимое доказательство справедливости ученія Коперника, которое все еще значилось въ запретительномъ индексѣ. Прилагаемая небольшая таблица заключаетъ часовыя отклоненія маятника, наблюденныя при подобныхъ опытахъ въ различныхъ мѣстахъ. Рядомъ для сравненія даны вычисленныя отклоненія. Географическая широта мѣста указана во второй рубрикѣ подъ φ. Въ настоящее время, благодаря успѣхамъ техники, можно производить этотъ опытъ съ маятникомъ гораздо меньшей длины, напр. въ 5 м. Почти каждый физическій кабинетъ имѣетъ такой маятникъ Фуко.

Результаты опытовъ съ маятникомъ Фуко въ различныхъ мѣстахъ.

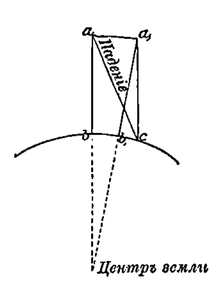
Мѣсто	φ	Отклоненіе		Наблюдатель	Мѣсто	φ	Отклоненіе		Наблюдатель
		выч.	набл.				выч.	набл.	
Сѣв. полюсъ.	$90^0,0$	$15^0,00$	—	—	Нью-Іоркъ	$40^0,7$	$9^0,78$	9,73	Лайманъ
Дублинъ	53,4	12,04	11,90	Гальбрайтъ	Цейлонъ.	6,9	1,81	1,87	Лампрей
Кёльнъ	50,9	11,65	11,64	Гарте	Экваторъ	0,0	0,00	—	—
Женева	46,2	10,83	10,18	Дюфуръ	Ріо	—22,9	5,84	5,17	д'Олевейра
Римъ	41,9	10,02	9,90	Секки	Южн. полюсъ	—90,0	15,00	—	—

Другимъ нагляднымъ опытомъ для доказательства вращенія земли, однако далеко не столь точнымъ, является паденіе тяжелыхъ тѣлъ съ высоты. Вершина башни, которая находится дальше отъ центра земли, чѣмъ основаніе, должна, вслѣдствіе вращенія земли, описывать большій кругъ, чѣмъ послѣднее. Если бросить съ вершины какой-нибудь предметъ, то во время паденія онъ сохранитъ свою, болѣе значительную скорость вращенія. Это обнаружится тѣмъ, что онъ упадетъ нѣсколько къ востоку *) (т. е. въ направленіи движенія земли) отъ точки, черезъ которую пройдетъ отвѣсъ, опущенный изъ мѣста, гдѣ началось паденіе тѣла (см. рисунокъ на стр. 472). Величину отклоненія къ востоку точки паденія легко можно вычислить для любой высоты. Напр., при опытѣ, произведенномъ Рейхомъ въ 1831 г. въ шахтѣ Трехъ Братьевъ около Фрейберга, получилось отклоненіе въ 12,6 линій при высотѣ паденія въ 488 футовъ, совершенно согласно съ теоріей. Однако, при такихъ опытахъ не всегда получаются одинаково хорошіе результаты, такъ какъ очень трудно избѣжать мѣшающихъ вліяній. Особенно плохо они удаются при паденіи тѣлъ съ башенъ, такъ какъ движеніе воздуха оказываетъ здѣсь слишкомъ большое вліяніе.

*) Такимъ образомъ произойдетъ явленіе на экваторѣ, а подъ нѣкоторой широтой тѣло отклонится еще и къ югу.

С. Глазенапъ.

Со всею точностью можно опредѣлить вращательное движеніе, а также и сжатіе земли при помощи наблюденій надъ простымъ секунднымъ маятникомъ. Какъ намъ уже извѣстно, онъ принадлежитъ къ точнѣйшимъ инструментамъ, употребляемымъ астрономами. Особенно величина силы тяжести опредѣляется съ его помощью вполнѣ точно. Теоретически можно доказать, что сила тяготѣнія какого-либо тѣла, имѣющаго размѣры земли, должна дѣйствовать какъ на поверхности тѣла, такъ и на разстояніи отъ нея, совершенно такъ, какъ если бы вся притягивающая масса тѣла была сосредоточена въ его центрѣ. Это одно изъ слѣдствій, которыя могутъ быть найдены при помощи чистой математики, безъ опытныхъ данныхъ. Каждое паденіе камня доказываетъ намъ, что земной шаръ вообще производитъ притяженіе, а что дѣйствіе этой силы, по крайней мѣрѣ, приблизительно, направлено къ центру земли, вытекаетъ изъ того, что паденіе тѣлъ совершается перпендикулярно къ поверхности земного шара. Какъ ни трудно разстаться съ наивнымъ воззрѣніемъ, и примириться съ мыслью, что земля есть шаръ, свободно парящій въ пространствѣ, однако, необходимо хорошо освоиться съ тѣмъ фактомъ, что камень, падающій на землю у нашихъ антиподовъ, движется по отношенію къ плоскости нашего горизонта вертикально снизу верхъ!



Уклоненіе падающаго тѣла отъ отвѣсной линіи.

Если бы земля была совершенно шарообразной и не двигалась вокругъ своей оси, а внутри ея слои располагались бы равномѣрно, то, сила тяжести на каждой точкѣ земной поверхности, а слѣдовательно и длина простого секунднаго маятника, была бы одинакова. Мы оставляемъ въ сторонѣ топографическія неровности, которыя нѣсколько измѣняютъ разстоянія точекъ земной поверхности отъ центра земли. Но въ дѣйствительности замѣчается, что длина маятника мѣняется въ зависимости отъ географической широты, подъ которой производится наблюденіе. Именно, оказывается, что маятникъ приходится укорачивать тѣмъ значительнѣе, чѣмъ болѣе мы приближаемся къ экватору, если мы хотимъ, чтобы онъ точно отбивалъ секунды.

Впервые это наблюденіе сдѣлалъ, къ своему большому удивленію, французскій астрономъ Рише (Richer). Въ 1672 г. онъ былъ посланъ въ Каенну, чтобы тамъ одновременно съ парижскими астрономами произвести по возможности точныя наблюденія надъ прохожденіемъ черезъ меридіанъ планеты Марсъ. Какъ мы позднѣе увидимъ, наблюденія эти должны были служить для опредѣленія разстоянія этой планеты отъ насъ. Рише взялъ съ собою часы, которые въ Парижѣ показывали точное время, т. е. маятникъ которыхъ совершалъ ровно 86,400 качаній въ сутки. Въ Каеннѣ часы вдругъ стали отставать на $2^1/_2$ минуты въ сутки, т. е. стали дѣлать въ это время, приблизительно, на 150 качаній меньше, чѣмъ въ Парижѣ. Рише долженъ былъ укоротить маятникъ на $^1/_4$ парижской линіи, чтобы онъ опять совершалъ 86,400 качаній въ промежутокъ времени между двумя послѣдовательными прохожденіями одной и той же звѣзды черезъ меридіанъ. Сначала Рише совсѣмъ не могъ объяснить этого явленія. Но онъ удивился еще болѣе, когда, возвратившись съ часами въ Парижъ, нашелъ, что здѣсь они идутъ впередъ на $2^1/_2$ минуты, такъ что онъ опять долженъ былъ удлинить маятникъ до прежней величины, чтобы онъ точно отбивалъ секунды. Ньютонъ и Гюйгенсъ первые дали объясненіе этому отклоненію. Измѣненіе длины маятника, въ зависимости отъ широты, вызывается одновременно дѣйствіемъ двухъ вліяній. Вслѣдствіе вращенія земли развивается, такъ называемая, центробѣжная сила и вызываетъ то же явленіе, вслѣдствіе котораго шаръ, подвѣшенный на нити, заставляетъ натяги-

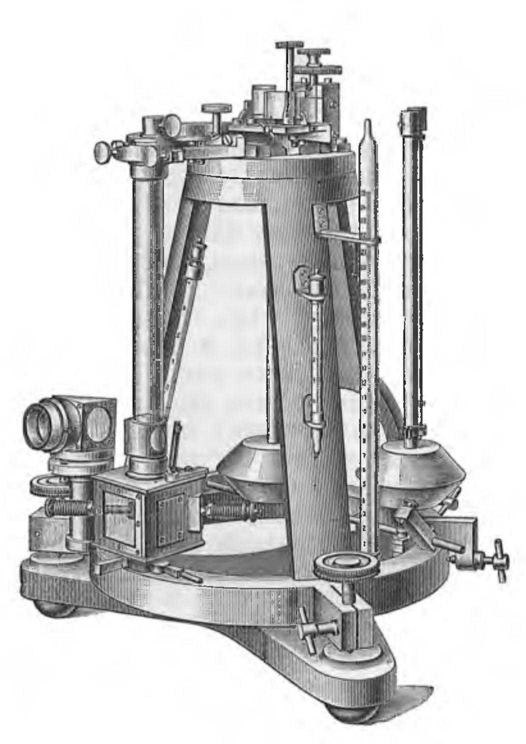
ваться эту нить, когда его вращаютъ, держа за нее. Дѣйствіе этой силы можно опять-таки заранѣе опредѣлить очень точно; она зависитъ отъ угловой скорости вращенія тѣла и отъ его разстоянія отъ точки вращенія.

Каждое тѣло на экваторѣ земли при ея вращеніи проходитъ 464 м. въ секунду. Вслѣдствіе этого вращенія свободное тѣло должно было бы тотчасъ же оставить поверхность земли, если бы его не удерживала болѣе значительная сила притяженія. Слѣдовательно, дѣйствіе послѣдней неизбѣжно должно ослабляться дѣйствіемъ центробѣжной силы. Чѣмъ болѣе мы приближаемся къ полюсамъ, тѣмъ меньше становятся круги широты, которые тѣло проходитъ въ тѣ же 24 часа. Поэтому центробѣжная сила къ полюсамъ становится все меньше, и на самыхъ полюсахъ она равна нулю. Однако, измѣненіе длины маятника въ различныхъ широтахъ нельзя еще вполнѣ объяснить тѣмъ, что земля есть шарообразное тѣло, совершающее одинъ оборотъ вокругъ оси въ 24 часа. Надо допустить еще сжатіе земли. Вслѣдствіе его, во-первыхъ, величина круговъ широты измѣняется въ иномъ отношеніи, чѣмъ на шарообразномъ тѣлѣ, а, во-вторыхъ, различное разстояніе различныхъ широтъ отъ центра земли влечетъ за собою измѣненіе напряженія силы тяжести. Мы скоро узнаемъ ближе, что сила тяжести, какъ всякое дѣйствіе, исходящее изъ одной точки, уменьшается пропорціонально квадрату разстоянія отъ центра. По этой причинѣ каждое тѣло на полюсахъ земли должно быть тяжелѣе, чѣмъ на экваторѣ. Если точно отвѣсить одну тонну (1000 кгр.) на экваторѣ и перенести ее на полюсъ, то она будетъ тамъ тяжелѣе болѣе, чѣмъ на 3 клгр. Конечно, мы должны измѣрять вѣсъ ея пружинными вѣсами. Хотя это увеличеніе силы тяжести и кажется незначительнымъ, однако маятникъ можетъ показать гораздо меньшія различія. Это уже можно видѣть по тому, что разница въ дѣйствіи силы тяжести между экваторомъ (Каенна) и широтою Парижа измѣняетъ число секундныхъ качаній, приблизительно, на 150 въ сутки, а въ настоящее время меридіанными наблюденіями можно провѣрять показанія часовъ, или — что то же самое — число качаній ихъ маятника, до нѣсколькихъ сотыхъ одного качанія.

Въ виду очень большого значенія, какое имѣетъ для многихъ астрономическихъ вопросовъ возможно точное *опредѣленіе напряженія силы тяжести*, *изслѣдованіе качаній маятника* съ этой послѣдней цѣлью производится еще тщательнѣе, чѣмъ для цѣлей измѣренія времени. Такой маятникъ заставляютъ качаться совершенно свободно, т. е. не соединяютъ ни съ часами, ни съ инымъ счетнымъ приборомъ, такъ какъ это нарушало бы правильный ходъ явленія. Устроенный для этой цѣли маятникъ можетъ качаться даже въ воздушномъ пространствѣ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, безъ особаго механизма, при чемъ величина размаха (амплитуда) не уменьшается значительно. Прежде прямо считали число качаній, теперь же примѣняютъ методъ наблюденія по, такъ называемымъ, совпаденіямъ. Помѣщаютъ маятникъ передъ астрономическими часами такимъ образомъ, чтобы можно было одновременно наблюдать качанія маятника этихъ послѣднихъ. Такъ какъ маятники никогда не качаются совершенно равномѣрно, то ихъ фазы качанія будутъ измѣняться относительно другъ друга. Въ зрительную трубу наблюдаютъ моментъ, когда обѣ чечевицы маятниковъ покрываютъ другъ друга, слѣдовательно, въ это время качанія обоихъ маятниковъ совпадаютъ; затѣмъ ждутъ слѣдующаго совпаденія; въ этотъ промежутокъ времени одинъ маятникъ сдѣлаетъ какъ разъ однимъ качаніемъ больше, чѣмъ другой. Такъ какъ число качаній часового маятника указывается самими часами, то этимъ одновременно опредѣляется число качаній и свободно качающагося маятника.

Найденное такимъ образомъ число качаній не соотвѣтствуетъ вполнѣ тому, какое слѣдуетъ по теоріи для идеальнаго маятника, невыполнимаго

въ дѣйствительности. Чистая теорія всегда остается недостижимой отвлеченностью. Напр., въ данномъ случаѣ она предполагаетъ маятникъ, состоящій изъ невѣсомой нити, къ которой подвѣшена не имѣющая поперечника, однако обладающая вѣсомъ точка. Таково опредѣленіе, такъ называемаго, простого **математическаго маятника**, къ которому должны быть отнесены всѣ теоретическіе разсчеты. Употребляемый на практикѣ физическій маятникъ состоитъ изъ металлическаго стержня съ прикрѣпленной къ нему тяжелой чечевицей, такъ что центръ тяжести маятника лежитъ несимметрично относительно всей его формы. Длину наблюдаемаго физическаго маятника нужно приводить къ длинѣ математическаго, и приведеніе это для каждой конструкціи маятника различно. Уже въ началѣ этого столѣтія Боненбергеръ теоретически нашелъ, что это приведеніе зависитъ только отъ разстоянія между центромъ тяжести физическаго маятника и точкой его привѣса. Капитану Катеру пришла счастливая идея устроить совершенно симметричный маятникъ, который на равномъ разстояніи отъ средины стержня на обоихъ концахъ имѣетъ точки привѣса въ видѣ острыхъ призмъ и двѣ чечевицы равной величины. Этотъ, такъ называемый, **оборотный маятникъ** (см. прилаг. рис.) можно заставлять качаться попремѣнно на томъ и на другомъ остріѣ призмы. По теоріи оказывается, что числа качаній въ обоихъ случаяхъ одинаковы, когда длина физическаго маятника равна длинѣ математическаго. На опытѣ это достигается тѣмъ, что одну чечевицу передвигаютъ по стержню до тѣхъ поръ, пока наблюденіе не дастъ желаемаго равенства числа качаній. Разстояніе между обоими остріями равно тогда длинѣ математическаго маятника, соотвѣтствующей данному числу качаній. Эта длина должна быть опредѣлена точнѣйшимъ образомъ на компараторѣ въ повѣрочномъ учрежденіи въ частяхъ условнаго метра для того, чтобы различныя наблюденія надъ маятникомъ въ различныхъ мѣстахъ земли можно было сравнивать съ одною и тою же нормальною мѣрой. Слѣдовательно, и здѣсь мы вновь видимъ, какое необычайно важное значеніе имѣетъ сбереженіе такой нормальной мѣры въ теченіе столѣтій. Только этимъ способомъ и можно опредѣлить, останется ли неизмѣнной черезъ тысячу лѣтъ сила тяжести на землѣ, — до сихъ поръ самая неизмѣнная изъ всѣхъ постоянныхъ, какія наблюдались въ природѣ.



Аппаратъ Штернека для опредѣленія напряженія силы тяжести.

Кромѣ приведенія физическаго маятника къ математическому необходимо, конечно, произвести и всѣ остальныя поправки, съ которыми мы уже раньше познакомились при часовомъ маятникѣ. Вліяніе температуры на длину маятника въ этомъ случаѣ не уничтожаютъ компенсаціей. **Геодезическій маятникъ** качается всегда въ теченіе сравнительно короткаго времени, за это время можно сохранять около него почти постоянную тем-

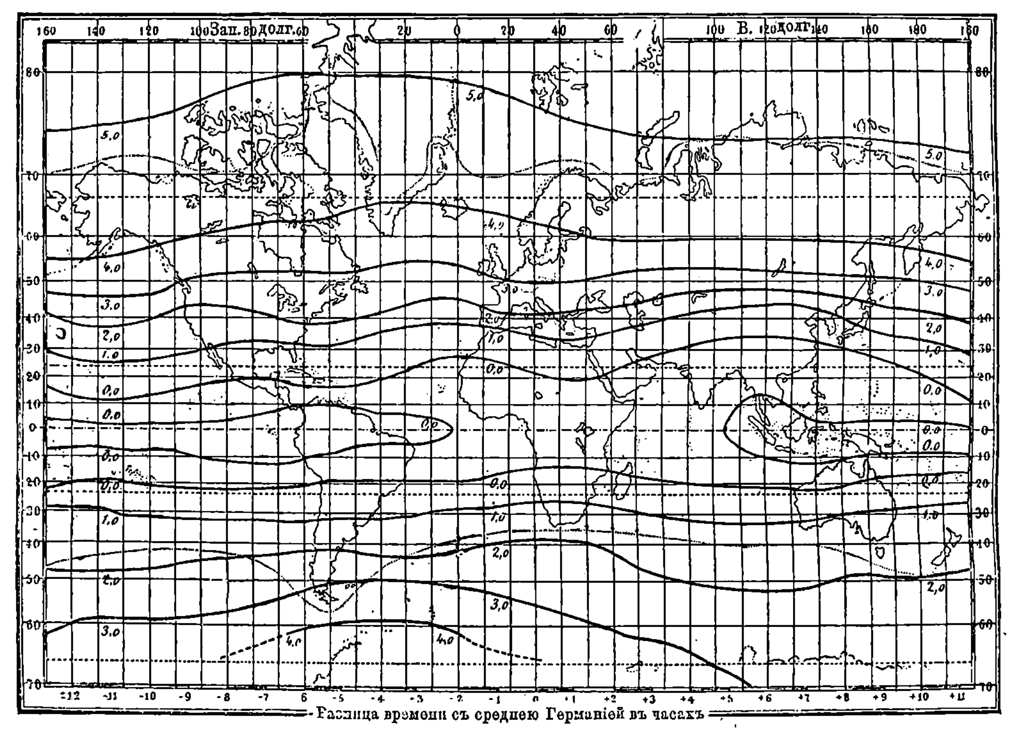
пературу. Поэтому стержень маятника приготовляютъ какъ можно проще изъ металла, обладающаго значительнымъ сопротивленіемъ гнутію, напр., изъ стали, и опредѣляютъ коэффиціентъ расширенія стержня въ предѣлахъ возможныхъ на практикѣ температуръ при помощи компаратора повѣрочнаго учрежденія. Тогда можно всѣ опредѣленія длины маятника, произведенныя при различнѣйшихъ температурахъ, привести къ постоянной температурѣ, напр., къ 0 градусовъ. Труднѣе опредѣлить вліяніе сопротивленія воздуха съ такою степенью точности, какая требуется при измѣреніи силы тяжести. При часовомъ маятникѣ принимаютъ въ разсчетъ измѣненіе воздушнаго давленія, а для абсолютныхъ измѣреній тяжести нужно знать, на сколько качаній больше сдѣлалъ бы маятникъ, если бы онъ колебался въ безвоздушномъ пространствѣ. Вычисленіе показало, что секундный маятникъ вслѣдствіе сопротивленія воздуха ежедневно дѣлаетъ почти на девять качаній меньше, чѣмъ онъ дѣлалъ бы безъ этого сопротивленія. Наблюденія, которыя въ свое время сдѣлалъ Сабинъ съ маятникомъ въ обыкновенномъ воздухѣ, затѣмъ въ атмосферѣ водорода и затѣмъ въ пространствѣ, по возможности лишенномъ воздуха, подтвердили это вычисленіе. Наконецъ, въ 1881 году американецъ Пейрсъ (Peirce) открылъ еще одинъ весьма чувствительный источникъ ошибокъ, который долженъ былъ сказаться на точности всѣхъ ранѣе сдѣланныхъ изслѣдованій съ маятникомъ. Именно оказалось, что треножный штативъ, на которомъ помѣщается неподвижная точка качанія, также колеблется, хотя онъ и кажется неподвижнымъ. Какъ опять можно видѣть, и здѣсь, абсолютно прочнаго нѣтъ ничего.

Съ тѣхъ поръ Репсольдъ въ Гамбургѣ сталъ устраивать такіе штативы для маятниковъ, въ которыхъ упругость штатива не оказываетъ на наблюденіе нарушающаго вліянія. Съ такими инструментами и производятся наблюденія надъ качаніемъ маятника въ связи съ европейскимъ градуснымъ измѣреніемъ.

Однако, до какихъ бы предѣловъ мы ни доводили точность этихъ измѣреній съ маятникомъ такъ же, какъ и работъ градуснаго измѣренія, всегда оказываются нѣкоторыя систематическія ошибки или, правильнѣе говоря, уклоненія отъ принятой теоріи. Для этихъ ошибокъ можно дать только одно объясненіе, именно: наше допущеніе, будто земля есть совершенный эллипсоидъ вращенія, не абсолютно правильно. Само самою понятно, что при всѣхъ описанныхъ изслѣдованіяхъ принимаются въ разсчетъ топографическія неровности земной поверхности и особенно общая высота суши надъ поверхностью моря. Всѣ найденныя величины приводятся при помощи точной нивеллировки къ опредѣленному морскому уровню. Напр., результаты европейскаго градуснаго измѣренія приводятся къ нулю футштока въ Свинемюнде, такъ какъ можно предполагать, что Балтійское море, въ которомъ почти нѣтъ приливовъ, имѣетъ въ среднемъ всегда постоянный уровень. Когда всѣ наблюденія были приведены такимъ образомъ къ среднему уровню Балтійскаго моря (это можно всегда сдѣлать достаточно точно, хотя допущенное для этой цѣли представленіе о формѣ земли и не вполнѣ справедливо: ошибки представляютъ собою малыя величины второго порядка), то оказалось, что длина градусовъ широты и долготы, а также наблюденныя длины маятника, т. е. напряженіе силы тяжести не находятся въ такомъ взаимномъ соотношеніи, какъ это должно бы происходить на эллипсоидѣ вращенія. Если на землѣ соединить линіями мѣста, гдѣ напряженіе силы тяжести одинаково, по показаніямъ секунднаго маятника, то на сфероидѣ вращенія онѣ должны бы идти параллельно кругамъ широты. Но вмѣсто того линіи идутъ такъ, какъ это представлено на нашей картѣ (стр. 476). Хотя онѣ въ общемъ и слѣдуютъ направленію круговъ широты, однако имѣютъ вогнутыя и вы-

пуклыя части, систематически отклоняющіяся отъ теоретическаго направленія.

То же явленіе повторяется при измѣреніяхъ градусовъ долготы и широты. Если мы будемъ идти обратнымъ путемъ тому, какимъ шли при опредѣленіи размѣровъ земли, т. е. будемъ исходить изъ предположенія, что земля есть эллипсоидъ, величина котораго опредѣляется данными градусныхъ измѣреній, наиболѣе заслуживающихъ довѣрія, напр., эллипсоидъ съ элементами Бесселя, и соединимъ тріангуляціонной сѣтью два мѣста, географическія долготы и широты которыхъ точно опредѣлены астрономическимъ путемъ, то всегда получается нѣкоторая ошибка. Прежде ее считали неизбѣжною ошибкой наблюденія, но при новыхъ геодезическихъ работахъ систематическое повтореніе этой ошибки на большихъ протяженіяхъ доказываетъ, что, наоборотъ, несправедливо наше теоретическое предположеніе, будто идеальная поверхность земли есть эллипсоидъ вращенія.

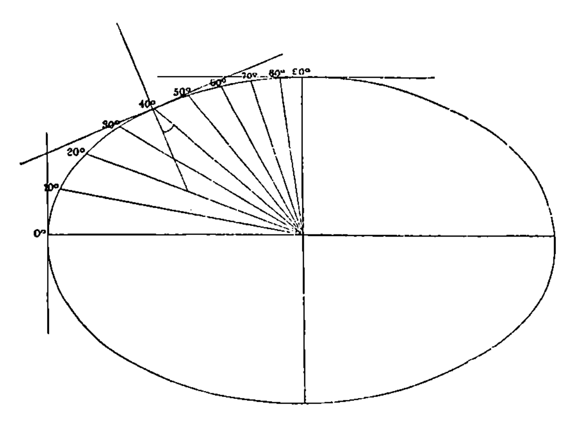


Линіи, соединяющія мѣста съ одинаковымъ напряженіемъ силы тяжести, опредѣляемы наблюденій надъ качаніями маятника.

Разсмотримъ этотъ важный вопросъ подробнѣе. Главная начальная точка прусской тріангуляціи лежитъ вблизи Берлина на Рауенбергѣ. Другая точка сѣти треугольниковъ есть Глиникъ около Цоссена. Разстояніе между обоими мѣстами измѣрено геодезически, при помощи проведенной между ними сѣти треугольниковъ. Но это же разстояніе можно найти при помощи долготъ и широтъ, опредѣленныхъ астрономическимъ путемъ, положивъ въ основаніе извѣстное представленіе о величинѣ и формѣ земли. Первое опредѣленіе, конечно, болѣе точно, если мы хотимъ знать только линейное разстояніе. Сѣть треугольниковъ на такомъ сравнительно маломъ протяженіи можетъ быть всегда измѣрена съ такою точностью, что при опредѣленіи воздушной линіи между обоими мѣстами останется ошибка

самое большое въ нѣсколько сантиметровъ. На самомъ же дѣлѣ разность между результатами обоихъ методовъ достигаетъ въ этой области 4,6 м. на каждый километръ. Между Гликомъ и вершиною треугольника въ Геренбергѣ была, напр., найдена разность круглымъ числомъ въ 190 м. При помощи величинъ, найденныхъ геодезически, т. е. тріангуляціей, можно вычислить географическія координаты второй точки, допуская, что координаты первой опредѣлены правильно. Если такимъ образомъ исходить отъ станціи Рауенбергъ, то географическая широта Глиника окажется на 3″,68 меньше, чѣмъ опредѣленная астрономическимъ путемъ; равнымъ образомъ азимутъ меньше на 0″,52. Для Геренберга эта разность въ широтѣ равна 2,″47, но въ обратномъ направленіи, а разность въ азимутѣ — 0″,74, точно также обратная. Слѣдовательно, при непосредственномъ сравненіи Геренберга съ Гликомъ, ошибка въ широтѣ окажется выше 6″.

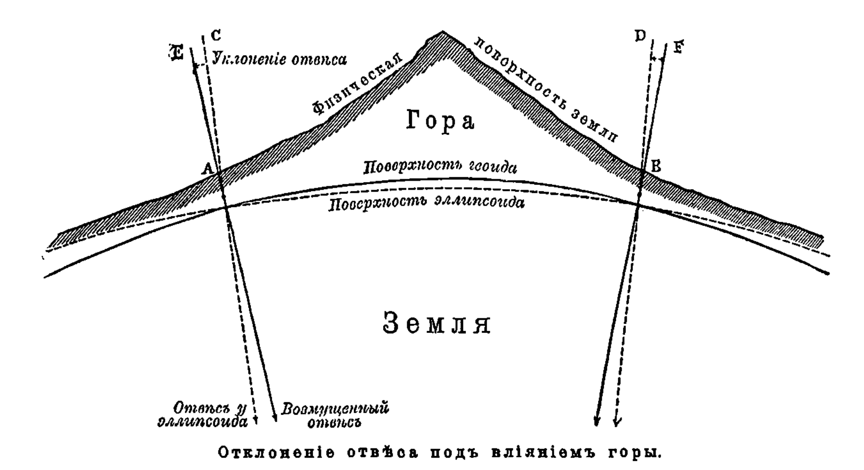
Эти разности называютъ *отклоненіемъ отвѣса*: названіе вполнѣ передаетъ данное явленіе. Только что описанный методъ, такъ называемаго, *геодезическаго перенесенія координатъ* показываетъ, что въ двухъ сосѣднихъ мѣстахъ направленіе отвѣсныхъ линій, именно отношеніе ихъ къ зениту мѣста наблюденія, т. е. къ той точкѣ, отъ которой опредѣляется астрономическимъ путемъ географическая широта, не то, какое должно быть по математическому разсчету, если въ основаніе его положить идеальную форму земли. Припомнимъ, что, при угловыхъ измѣреніяхъ астрономическими инструментами, горизонтъ опредѣляется водянымъ уровнемъ. Зенитъ, находимый при помощи ртутнаго и т. п. горизонта, указываетъ въ дѣйствительности направленіе силы тяжести въ данномъ мѣстѣ, а дополненіе найденной географической широты до 90 градусовъ есть точное угловое разстояніе между линіей, показывающей положеніе небеснаго полюса, и отвѣсной линіей. Легко видѣть, что на земномъ сфероидѣ отвѣсъ не направленъ въ точности къ центру земли, какъ это должно быть на шарѣ. Плоскость горизонта, касательная къ сфероиду, образуетъ различные углы съ линіей, идущей къ центру земли, какъ это можно видѣть на прилагаемомъ рисункѣ. Отвѣсная же линія идетъ всегда подъ прямымъ угломъ къ плоскости горизонта. Уголъ, образуемый отвѣсной линіей и линіей, идущей къ центру земли, зависитъ отъ географической широты и отъ величины сжатія сфероида. Только на полюсахъ и на экваторѣ онъ равенъ нулю. При нашемъ геодезическомъ перенесеніи координатъ предполагалось, что направленіе отвѣса для Рауенберга согласно со сфероидомъ Бесселя. Въ такомъ случаѣ для другихъ станцій можно найти чисто геодезическимъ путемъ направленіе, какое въ нихъ долженъ имѣть отвѣсъ, если земля сфероидъ. И вотъ оказывается, что вычисленная величина не согласуется съ дѣйствительно найденною, опредѣленною съ полною точностью при помощи астрономическаго инструмента и ртутнаго горизонта. Итакъ, нарушенія въ направленіи дѣйствія силы тяжести, или отклоненія отвѣса, несомнѣнно, существуютъ. Весьма точныя изслѣдованія показали, что они постоянны для даннаго мѣста.



Отклоненіе отвѣса на поверхности сфероида отъ направленія, какое онъ долженъ имѣть на поверхности шара.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ отклоненіе отвѣса не трудно объяснить.

Сила тяжести есть свойство, присущее всякой матеріи. Весьма чувствительными инструментами, каковы, напр., крутильные вѣсы, можно непосредственно доказать, что большой металлическій шаръ притягиваетъ къ себѣ другой малый шаръ, т. е. выводитъ его изъ состоянія покоя. Слѣдовательно, уже такой шаръ будетъ измѣнять направленіе отвѣса, висящаго рядомъ съ нимъ, и нѣтъ ничего удивительнаго, что земныя горы отклоняютъ отвѣсъ. Принявъ въ разсчетъ массу горной цѣпи, можно даже вычислить отклоненіе отвѣса, какое она должна вызвать (см. прилагаемый рисунокъ). При этомъ разсчетѣ получаются весьма большія числа: напр., уже каменныя массы египетскихъ пирамидъ должны произвести замѣтныя отклоненія. Масса Альпъ по теоріи должна произвести отклоненіе по крайней мѣрѣ въ одну дуговую минуту. На самомъ дѣлѣ здѣсь, какъ и въ другихъ подобныхъ мѣстахъ, отклоненіе меньше теоретической величины, хотя и достигаетъ значительныхъ размѣровъ, напр.



Отклоненіе отвѣса подъ вліяніемъ горы.

въ Ниццѣ оно равно 20″ Объясняется это по всей вѣроятности тѣмъ, что подъ большими горными кряжами земная кора приподнята и подъ нею находятся полости, или же залегаютъ массы малой плотности. Этотъ взглядъ раздѣляетъ и современная геологія. Она принимаетъ, что горы произошли вслѣдствіе, такъ называемыхъ, тектоническихъ сдвиговъ и состоятъ изъ слоевъ земной коры, поднявшихся въ видѣ свода или растрескавшихся.

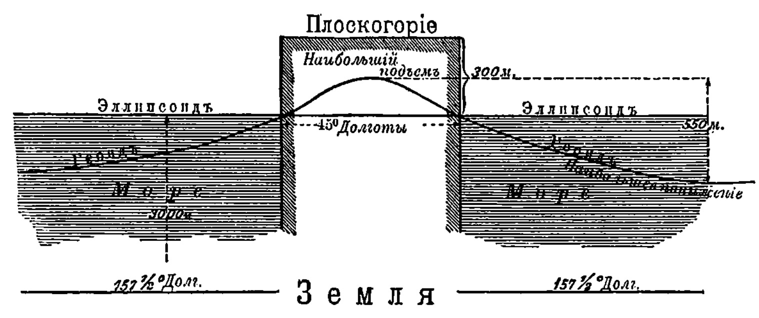
Весьма замѣчательны въ этомъ отношеніи отрицательныя уклоненія отвѣса, ясно наблюдаемыя въ нѣкоторыхъ мѣстахъ. Въ такихъ случаяхъ отвѣсъ какъ бы испытываетъ отталкиванія, которыя исходятъ изъ опредѣленныхъ центровъ. Такое явленіе, напр., нашелъ Швейцеръ въ окрестностяхъ Москвы. Оно служитъ указаніемъ, что подъ этой мѣстностью въ земной корѣ, вѣроятно, существуютъ пустоты*). Подобное же явленіе наблюдается въ окрестностяхъ Берлина. Въ этой мѣстности уклоненія отвѣса указываютъ на точку, лежащую нѣсколько къ востоку отъ Мюггельскихъ горъ. Здѣсь на глубинѣ и надо искать причину, вызывающую это нарушеніе. Она должна заключаться въ массѣ меньшей плотности, чѣмъ окружающая земная кора. Можно думать, что возмущеніе вызывается здѣсь громадными залежами каменной соли, которыя, несомнѣнно, находятся подъ этой областью. Въ другихъ мѣстахъ, гдѣ наблюдается значительное положительное отклоненіе отвѣса, можно съ увѣренностью заключить о присутствіи въ землѣ удѣльно тяжелыхъ массъ, напр., большихъ залежей желѣзныхъ или мѣдныхъ рудъ, какъ въ Гарцѣ, который

*) Или залежи каменнаго угля

въ этомъ отношеніи представляетъ большой интересъ. Вотъ какихъ изумительныхъ успѣховъ достигло наше измѣрительное искусство благодаря своей точности: наблюдая небо, мы можемъ дѣлать открытія въ темныхъ нѣдрахъ земли!

Высшая геодезія въ настоящее время только тѣмъ и занимается, что стремится опредѣлить для каждой отдѣльной области земли отклоненія истинной формы земли отъ нѣкоторой теоретически допускаемой простой формы, напр., отъ земного сфероида Бесселя. Принятая форма имѣетъ значеніе только типичной поверхности, на которой строится поверхность, принадлежащая истинной формѣ земли или, такъ называемому, геоиду. Слѣдовательно, геоидъ есть поверхность, которая проходитъ перпендикулярно ко всѣмъ отвѣсамъ на земной поверхности черезъ произвольно избранную точку морской поверхности.

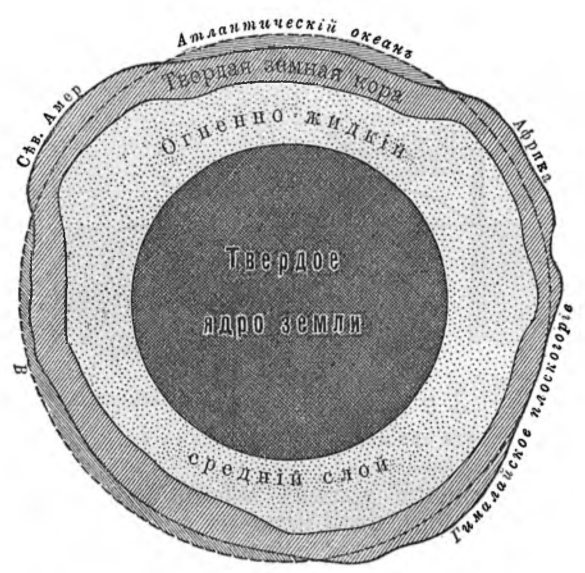
Отклоненія геоида отъ сфероида могутъ достигать значительной величины, какъ видно уже изъ того простого соображенія, что массы различной плотности распредѣлены несимметрично даже на поверхности земли. Обширные морскіе бассейны, вслѣдствіе меньшаго удѣльнаго вѣса воды, производятъ меньшее притяженіе, чѣмъ массы суши, поднимающіяся изъ моря. Слѣдовательно, поверхность геоида на континентѣ должна возвышаться надъ поверхностью эллипсоида, тогда какъ на морѣ идти ниже ея (см. прилагаемый рис.). Взявъ извѣстныя среднія данныя относительно массы материковъ и глубины морей, можно вычислить, что разности высотъ между обѣими названными поверхностями могутъ доходить въ ту и другую сторону до 400 метровъ. Это значитъ, что если бы мы провели черезъ центръ земли систему сообщающихся трубокъ, то разность уровней, считая ихъ разстояніе отъ центра земли и полагая въ основаніе сфероидъ Бесселя, достигала бы въ трубкахъ до 800 м. Отсюда непосредственно слѣдуетъ, что если бы прорѣзать материки системою каналовъ, то свободная поверхность воды въ нихъ не представляла бы правильной формы, но образовала бы постоянныя водяныя горы до 800 м. высоты. Водная поверхность образовала бы замѣтный уголъ съ истинной (средней) горизонталью, и, тѣмъ не менѣе, она оставалась бы въ покоѣ и не стремилась бы придти къ одному уровню, т. е. принять вполнѣ симметричную геометрическую форму. На самомъ дѣлѣ, такія постоянныя водяныя горы прилегаютъ ко всѣмъ материкамъ, такъ какъ послѣдніе дѣйствуютъ притягательно: поверхности океановъ представляютъ вогнутости, и весьма многія группы островъ, выступающія подъ поверхностью океановъ, несомнѣнно, исчезли бы подъ волнами, если бы это притяженіе со стороны суши прекратилось. Корабль, идущій черезъ океанъ, не остается во все время своего пути на одномъ и томъ же разстояніи отъ земного центра, даже если онъ не покидаетъ одной параллели; на срединѣ океана онъ будетъ находиться ближе къ центру земли на нѣсколько сотъ метровъ, а затѣмъ опять будетъ удаляться отъ него по наклонно поднимающейся водной поверхности. Конечно, на кораблѣ этого нельзя узнать никакими измѣрительными методами, ибо астро-



Измѣненіе формы геоида при переходѣ отъ моря къ материку.

номическія измѣренія не могутъ быть произведены на морѣ съ требуемой для этого точностью. Барометръ здѣсь также ничего не обнаружитъ, потому что воздушный океанъ слѣдуетъ тѣмъ же законамъ, какъ и водная оболочка земли.

Однако, есть средство экспериментальнымъ путемъ установить пониженіе морской поверхности: это опять-таки маятникъ. Напряженіе силы тяжести на океаническихъ островахъ, какъ показываютъ качанія маятника, значительно больше, чѣмъ въ соотвѣтственныхъ береговыхъ областяхъ материка. На о. Св. Елены эта разность равна 10,3 качаній секунднаго маятника, на Иль-де-Франсъ — 9,9, на островѣ Бонинѣ 11,8 качаній. Но оказывается, что эти разности не соотвѣтствуютъ теоретическимъ разсчетамъ. Правда, здѣсь нельзя сдѣлать точныхъ разсчетовъ, такъ какъ тріангуляціи нельзя распространить на острова, лежащіе посреди моря, и методъ геодезическаго перенесенія здѣсь не пригоденъ. Наблюдаемая разность въ напряженіи силы тяжести можетъ имѣть весьма различныя причины. Оно увеличивается, вслѣдствіе болѣе низкаго положенія острова, и, наоборотъ, должно испытывать ослабленіе, вслѣдствіе того, что окружающія водныя массы имѣютъ меньшую плотность, чѣмъ земная кора. Судя по соотвѣтственнымъ наблюденіямъ, ослабленіе это, повидимому, находитъ себѣ противодѣйствіе со стороны очень толстой земной коры, которая находится подъ морями. Согласно этому, кора здѣсь должна быть гораздо толще, чѣмъ подъ материками. И дѣйствительно, можно представить себѣ, что процессъ охлажденія подъ дномъ моря, подъ вліяніемъ омывающей его холодной воды, долженъ былъ совершаться быстрѣе, чѣмъ подъ массами материковъ. Послѣднія можно считать вздутіями, или какъ бы горами перваго порядка. Подъ ними должны находиться области, бѣдныя веществомъ совершенно такъ же, какъ это доказывается уклоненіями отвѣса для вторичныхъ поднятій земной коры, представляющихъ собственно горы (см. прилагаемый рисунокъ). Здѣсь мы касаемся вопросовъ пограничной **области** между геологіей или геофизикой и астрономіей, науками, которыя часто соприкасаются между собою.



Поперечный разрѣзъ земли по параллельному кругу въ 30°, по Файю (отношенія значительно преувеличены.)

Притяженіе, производимое комплексами суши на водныя массы морей, конечно, должно, быть различно въ различныхъ областяхъ земли, какъ и отклоненія отвѣса. Отсюда слѣдуетъ, что наблюдаемые на берегахъ **средніе уровни** водъ ни въ какомъ случаѣ не одинаковы. Поэтому-то всѣ измѣренія и необходимо относить къ одному и тому же нулю (уровню) (см. стр. 475). Разности этихъ уровней воды нельзя опредѣлить при помощи точной нивеллировки, потому что уровень повсюду находится подъ вліяніемъ того же притяженія, какъ и постоянныя массы воды; но эту разность можно найти посредствомъ геодезическаго перенесенія. Только.

когда этотъ методъ приходится примѣнять къ мѣстамъ, отдѣленнымъ большими областями суши, то онъ, становится неточнымъ. Поэтому при современныхъ средствахъ наблюденія нельзя еще съ точностью опредѣлять истинной разности между высотами нулевыхъ точекъ морей (ихъ нормальныхъ футштоковъ).

Вопросъ о томъ, насколько отличаются другъ отъ друга средніе уровни воды двухъ морей, можетъ имѣть иногда практическое значеніе. Такъ было, напр., при прорытіи Суэцскаго канала. Разность уровней воды въ Средиземномъ и Красномъ моряхъ была опредѣлена предварительнымъ нивеллированіемъ приблизительно въ 10 м., и потому боялись, что при уничтоженіи послѣдней грани между морями явится страшное теченіе, которое уничтожитъ всю гигантскую работу. Лапласъ, къ мнѣнію котораго тогда обратились, успокоилъ строителей, высказавъ съ увѣренностью, что нивеллировка была произведена неправильно, такъ какъ различія въ уровнѣ, если бы и существовали, не могли бы быть замѣчены нивеллировкой. Въ самомъ дѣлѣ, какъ извѣстно, соединеніе водъ обоихъ морей совершилось весьма спокойно.

Очень точное наблюденіе и взаимное сравненіе среднихъ уровней воды въ моряхъ, возможное, какъ мы видѣли, только при помощи точнѣйшихъ геодезическихъ измѣреній, имѣющихъ цѣлью опредѣлить форму геоида, представляютъ весьма важное значеніе для выясненія многихъ другихъ вопросовъ, которые только въ послѣдующіе вѣка найдутъ себѣ разрѣшеніе. Несомнѣнно, что средніе уровни водъ подвержены вѣковымъ измѣненіямъ, т. е. что форма геоида, *форма земли, постоянно измѣняется.* Въ отдѣльныхъ мѣстахъ это доказано наблюденіями вполнѣ точно. Какъ извѣстно, Скандинавскій полуостровъ все болѣе выступаетъ изъ воды, именно на нѣсколько метровъ въ столѣтіе. Нельзя еще рѣшить, поднимается ли здѣсь суша надъ моремъ, или постепенно опускается уровень моря. Непрерывныя наблюденія надъ уклоненіями отвѣса и надъ напряженіемъ силы тяжести одни могутъ разрѣшить въ будущемъ этотъ вопросъ. Но къ какому бы результату эти изслѣдованія ни привели, это — фактъ во всякомъ случаѣ замѣчательный. Если поднимается огромный полуостровъ, состоящій большею частью изъ самыхъ твердыхъ первозданныхъ горныхъ породъ, то это свидѣтельствуетъ о могучей энергіи, съ какою внутреннія землеобразующія силы продолжаютъ еще и нынѣ работать надъ формой нашего міроваго тѣла. Если же здѣсь отступаетъ море, то это можетъ происходить только вслѣдствіе столь же могучихъ перемѣщеній массъ внутри земли, благодаря которымъ сила притяженія здѣсь постепенно уменьшается.

Вѣроятно, въ будущемъ окажется, что часть этихъ *смѣщеній береговыхъ линій*, наблюдающихся въ различныхъ мѣстахъ, имѣетъ общую причину, т. е. распредѣляется по всей землѣ, повинуясь извѣстному закону. Общій уровень моря долженъ измѣняться съ геологическими эпохами. Такъ какъ вода, благодаря химическимъ процессамъ, переходитъ все болѣе и болѣе въ связанное состояніе, то морскіе бассейны должны съ увеличеніемъ возраста земли уменьшаться. Геофизическіе процессы также съ своей стороны постоянно способствуютъ измѣненію уровня воды. Напр., въ ледниковыя эпохи на материкахъ оставалось иногда такъ много воды въ видѣ льда, что средній уровень воды всѣхъ морей по приблизительнымъ разсчетамъ понижался на нѣсколько десятковъ метровъ. Съ другой стороны вычисленіе показываетъ, что если бы обратить въ воду весь ледъ, постоянно лежащій въ настоящее время въ сѣверныхъ полярныхъ областяхъ, при условіи, что онъ съ 70 градуса широты образуетъ слой высотой въ 1000 футовъ, то уровень всѣхъ въ совокупности морей на землѣ поднялся бы на 8,7 м. Далѣе должны происходить общія измѣненія поверхности геоида, если скорость вращенія земли мѣняется, т. е. если длина

сутокъ не вполнѣ постоянна. Въ такомъ случаѣ дѣйствіе центробѣжной силы, а слѣдовательно и сжатіе земли должно измѣниться. Прежде всего это обнаружилось бы только измѣненіями морского уровня. Твердыя массы суши прійдутъ въ новое состояніе равновѣсія медленнѣе, и этотъ процессъ долженъ сопровождаться горообразовательными сдвигами. Вопросъ объ измѣнчивости длины сутокъ во многихъ отношеніяхъ имѣетъ весьма важное значеніе. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы еще не разъ должны будемъ вернуться къ нему.

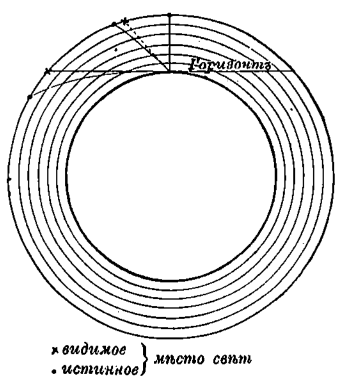
Еще одна причина можетъ вызвать общее перемѣщеніе береговыхъ линій, т. е. измѣненіе поверхности геоида: это — измѣнчивость высоты полюса. Прежде всегда считалось само собою понятнымъ, что ось вращенія земли должна абсолютно совпадать съ геометрическою осью или съ осью симметріи земного шара. Подъ этой послѣдней понимаютъ, напр. въ сфероидѣ, линію, вокругъ которой вращается эллипсъ при образованіи сфероида. Она есть въ то же время кратчайшій поперечникъ образующей тѣлесной фигуры. Будь земля совершенный сфероидъ, тогда несомнѣнно ось ея вращенія какъ разъ проходила бы черезъ ея геометрическіе полюсы. Это было бы физической необходимостью. Всякое тѣло, которое находится во вращательномъ движеніи, при всѣхъ условіяхъ сохраняетъ направленіе своей оси вращенія. Каждый ребенокъ наблюдаетъ это на волчкѣ, который всегда вращается только вокругъ оси симметріи, т. е. вокругъ линіи, относительно которой тѣло волчка образовано вполнѣ симметрично. Если на волчокъ несимметрично положить какое либо тѣло, то онъ отброситъ его, если это возможно; въ противномъ случаѣ онъ начинаетъ совершать сильныя колебанія, пока запасъ его движенія не израсходуется подъ вліяніемъ этого внѣшняго дѣйствія. Если постороннее тѣло обладаетъ подвижностью настолько, что можетъ лишь перемѣщаться на волчкѣ, но не оставляетъ его, тогда оно сдвинется такъ, что приметъ симметричное положеніе. Волчокъ, противодѣйствуя движенію посторонняго тѣла, будетъ совершать незначительныя качанія. Ось его вращенія при этомъ описываетъ поверхность конуса, средняя линія котораго совпадаетъ съ прежнимъ неподвижнымъ положеніемъ оси вращенія волчка. Слѣдовательно, если бы земная ось также была выведена изъ неизмѣннаго состоянія какимъ нибудь внѣшнимъ воздѣйствіемъ, то она самое большое совершала бы подобныя конусообразныя колебанія, какъ это и наблюдается на самомъ дѣлѣ (съ этимъ мы скоро познакомимся). Въ такомъ случаѣ ось вращенія вполнѣ совпадала бы съ геометрической осью.

Не то можетъ происходить при такой формѣ земли, какую она имѣетъ въ дѣйствительности. Мы теперь уже знаемъ, что земля не имѣетъ правильной геометрической формы. Но каково положеніе ея оси симметріи, этотъ вопросъ не легко рѣшить сразу. Наблюденіе надъ высотою полюса показываетъ намъ только положеніе оси вращенія. Если ось вращенія не совпадаетъ съ осью симметріи земного шара, — которая въ данномъ случаѣ опредѣляется тѣмъ, что вокругъ нея масса земли распредѣляется равномѣрно, — то обѣ оси будутъ стремиться сблизиться между собою: ось вращенія будетъ перемѣщаться внутри земли; въ то же время будетъ измѣняться распредѣленіе массъ въ тѣлѣ земли, и положеніе оси симметріи будетъ при этомъ также мѣняться. Послѣднее явленіе мы едва ли можемъ тотчасъ же замѣтить, за то первое обнаруживается измѣненіемъ высоты полюса. На поверхности земли совершаются непрерывныя перемѣщенія массъ, совершенно независимо отъ только что описаннаго процесса. Напомнимъ здѣсь только величественныя метеорологическія явленія, которыя мы уже подвергли учету въ другомъ мѣстѣ (см. стр. 277), когда хотѣли выяснить работу, производимую солнцемъ на землѣ. Поэтому ось симметріи земного тѣла также не можетъ имѣть постояннаго положенія, а

отсюда, какъ дальнѣйшее слѣдствіе, на основаніи изложеннаго, должна вытекать измѣнчивость высоты полюса.

Такого рода колебанія полюса имѣютъ, однако, совершенно иной характеръ, чѣмъ колебанія оси вращенія по конической поверхности вокругъ нѣкотораго средняго положенія. Съ этими послѣдними мы познакомимся позже при прецессіи и нутаціи. При нихъ ось вращенія, не измѣняющая своего положенія въ земномъ тѣлѣ, движется вмѣстѣ со всею землею по поверхности конуса. Полярная ось при этомъ указываетъ послѣдовательно на различныя звѣзды небеснаго свода, но высота полюса для опредѣленнаго мѣста земной поверхности не испытываетъ измѣненій. При колебаніяхъ же полюса, о которыхъ мы говоримъ здѣсь, для всѣхъ мѣстъ земной поверхности величина географической широты должна испытывать систематическія колебанія.

Такъ какъ эти измѣненія возможны только въ весьма узкихъ предѣлахъ, то они и могли быть открыты только въ самое послѣднее время, когда наблюдательное искусство достигло изумительной тонкости. Во времена Тихо Браге, съ котораго собственно начинается измѣрительное астрономическое искусство, опредѣленіе географической широты съ точностью до одной дуговой минуты считалось выдающимся результатомъ. Въ срединѣ прошлаго столѣтія, когда стали примѣнять для измѣреній телескопъ, предѣломъ точности при опредѣленіяхъ этого рода полагались пять дуговыхъ секундъ. Въ началѣ нашего столѣтія предѣлъ ошибки былъ доведенъ до одной секунды. И только Бессель, отецъ современнаго искусства точныхъ измѣреній, сталъ опредѣлять географическія широты съ точностью до 0″,1. Въ настоящее время мы обладаемъ методами, помощью которыхъ высота полюса можетъ быть опредѣлена съ ошибкою всего въ 0,02″, не говоря, конечно, о систематическихъ источникахъ ошибокъ, которые могутъ дѣйствовать въ томъ же смыслѣ, какъ и искомыя колебанія высоты полюса, и отражаться на окончательномъ результатѣ.



Дѣйствіе рефракціи или преломленія лучей въ атмосферѣ.

Главное затрудненіе подобнаго рода изслѣдованій, отличающихся крайнею степенью точности, заключается въ томъ, что двѣ или нѣсколько причинъ, оказывающихъ одно и то же дѣйствіе на окончательный результатъ, могутъ соединяться вмѣстѣ. Уже въ прошломъ столѣтіи знаменитый математикъ Эйлеръ обратилъ вниманіе на возможность описанныхъ колебаній, и, на основаніи нѣкоторыхъ теоретическихъ допущеній показалъ, что если только эти колебанія существуютъ, то они должны совершаться въ періодъ приблизительно въ 306 дней. Съ другой стороны, Томсонъ, сдѣлавъ разсчетъ массъ, измѣняющихъ въ теченіе года свои мѣста на земной поверхности вслѣдствіе метеорологическихъ процессовъ, нашелъ, что величина перемѣщенія полюса можетъ достигать до половины дуговой секунды. Слѣдовательно, наибольшее колебаніе, которое пришлось бы измѣрять, достигаетъ такой величины, что объективъ меридіаннаго круга среднихъ размѣровъ измѣнилъ бы свое положеніе относительно горизонта приблизительно на 30-ю часть толщины волоса. Но и эту долю пришлось бы еще дѣлить на меньшія части, чтобы отыскать не одно только наибольшее колебаніе, но и законъ, которому оно подчинено. Періодъ Эйлера мало отличается отъ года. Поэтому вліянія температуры на телескопъ, которыя также должны имѣть годичный періодъ, и, быть можетъ, ускользаютъ даже отъ

самаго тщательнаго изслѣдованія ошибокъ инструмента, должны вызвать подобное же колебаніе.

Въ томъ же смыслѣ могла дѣйствовать атмосферная рефракція. Намъ уже извѣстно, что окружающая насъ атмосфера такъ же отклоняетъ свѣтовые лучи отъ первоначальнаго пути, какъ и оптическая чечевица телескопа. Только эта громадная сферическая чечевица нашей атмосферы весьма неравномѣрна и представляетъ всѣ свойства очень плохого объектива. Поэтому, какъ бы хороши ни были наши оптическіе инструменты, всегда остаются болѣе или менѣе правильныя отклоненія свѣтового луча, которыя искажаютъ для нашего глаза истинное изображеніе небеснаго свода. Будь атмосфера по крайней мѣрѣ неизмѣннымъ тѣломъ, въ концѣ концовъ можно было бы вполнѣ точно опредѣлить ея вліяніе на ходъ свѣтовыхъ лучей. Теорія лучепреломленія показываетъ вообще, что отклоненіе свѣтового луча всегда происходитъ на границѣ двухъ срединъ различной плотности, и величина отклоненія зависитъ, во первыхъ, отъ плотности средины, а во вторыхъ, отъ угла, подъ которымъ лучъ встрѣчаетъ средину. Если лучъ падаетъ подъ прямымъ угломъ, или, выражаясь математически, нормально къ преломляющей поверхности, то онъ не испытываетъ отклоненія. Наоборотъ, при скользящемъ вступленіи луча отклоненіе достигаетъ наибольшей величины.

Отсюда прежде всего слѣдуетъ, какъ это прямо можно видѣть на рисункѣ на стр. 483, что свѣтъ звѣздъ, находящихся въ зенитѣ мѣста наблюденія, не испытываетъ отклоненія, и видимое мѣсто ихъ, какъ оно намъ представляется, соотвѣтствуетъ истинному. Но чѣмъ больше звѣзда удаляется отъ зенита, тѣмъ болѣе свѣтъ ея долженъ отклоняться, и при томъ такъ, что видимое положеніе звѣзды будетъ выше истиннаго, какъ показываетъ теорія, по крайней мѣрѣ при условіи симметрическаго расположенія атмосферы. Лучъ всегда дѣлаетъ изгибъ по направленію къ землѣ, потому что на своемъ пути отъ предѣловъ атмосферы до земной поверхности онъ долженъ проходить воздушные слои, плотность которыхъ все болѣе увеличивается и которые поэтому преломляютъ свѣтъ все сильнѣе и сильнѣе. Слѣдовательно, въ дѣйствительности, когда мы видимъ звѣзды, то лучи свѣта идутъ не по прямой, а по дугѣ. Нормальная рефракція измѣняетъ только уголъ высоты, а не азимутъ звѣзды. Каждая звѣзда при суточномъ движеніи постоянно измѣняетъ свою высоту, и теоретически можно вычислить совершенно точно, чему должно быть равно это измѣненіе высоты за опредѣленный промежутокъ времени, по скольку оно зависитъ отъ суточнаго движенія. Поэтому можно, измѣряя высоту звѣзды альтазимутомъ, опредѣлить величину рефракціи для каждой наблюденной высоты. Оказалось, что вліяніе атмосферной рефракціи весьма значительно, какъ это можно видѣть изъ прилагаемой таблицы:

Таблица рефракціи по Бесселю. Преломленіе $= \alpha\ (1 - \beta - \gamma)$.

Зенитное разстояніе Z.	Средняя рефракція α	Зенитное разстояніе Z.	Средняя рефракція α	Высота баром. въ мм. ртутн. столба при 0^0	β	Температ. возд. въ гр. Цельзія	γ
0^0	0,0″	70^0	2′ 37,3″	695	0,075	-15^0	—0,094
10^0	10,2	75^0	3 32,1	700	0,069	10^0	0,073
20^0	21,0	80^0	5 16,2	705	0,062	-5^0	0,053
30^0	33,3	85^0	9 46,5	710	0,055	0^0	0,034
40^0	48,4	86^0	11 38,9	715	0,049	$+5^0$	—0,015
45^0	57,7	87^0	14 14,6	720	0,042	10^0	+0,002
50^0	1′ 8,7	88^0	18 8,6	725	0,035	15^0	0,020
55^0	1 22,3	89^0	24 24,6	730	0,029	20^0	0,036
60^0	1 39,7	90^0	34 54,1	735	0,022	25^0	0,052
65^0	2 32,0			740	0,015	$+30^0$	+0,068

Для того зенитнаго разстоянія, на которомъ намъ приходится измѣрять высоту полюса въ нашихъ широтахъ, рефракція уже больше сорока дуговыхъ секундъ. Далѣе къ горизонту она очень быстро возрастаетъ почти до 35 минутъ. Такъ какъ видимый поперечникъ солнца всегда меньше этой величины, то при восходѣ и закатѣ солнца изображеніе свѣтила поднимается выше, чѣмъ на видимый его поперечникъ, и намъ кажется, что солнце уже совсѣмъ взошло, тогда какъ на самомъ дѣлѣ весь его дискъ находится еще ниже геометрическаго горизонта. Величина угла отклоненія лучей оказывается затѣмъ при данной высотѣ непостоянной. Какъ можно было предполагать теоретически, рефракція зависитъ какъ отъ давленія атмосферы, такъ и отъ температуры воздуха. Въ нашей таблицѣ даны соотвѣтствующіе коэффиціенты. При повышеніи атмосфернаго давленія вся атмосфера надъ нами испытываетъ сжатіе; поэтому она сильнѣе преломляетъ свѣтъ. При повышеніи температуры, наоборотъ, воздухъ расширяется, становится легче и поэтому менѣе отклоняетъ лучи свѣта.

Первое вліяніе мы можемъ точно опредѣлить, ибо барометръ прямо указываетъ вѣсъ всего воздушнаго столба надъ нами. Гораздо труднѣе точно опредѣлить вліяніе температуры, такъ какъ мы можемъ измѣрять только температуру самыхъ нижнихъ слоевъ воздуха. Но a priori нельзя допустить, чтобы измѣненіе рефракціи находилось въ совершенно правильной зависимости отъ измѣненія температуры однихъ нижнихъ слоевъ воздуха; это значило бы, что съ поднятіемъ надъ поверхностью земли пониженіе температуры происходитъ равномѣрно. На самомъ дѣлѣ, этого нѣтъ. Наблюденія, произведенныя на высокихъ метеорологическихъ станціяхъ въ недавнее время, даже показали, что иногда могутъ происходить настоящія извращенія температурныхъ состояній, такъ что на высотѣ нѣсколькихъ тысячъ метровъ надъ земною поверхностью цѣлыя недѣли стоитъ болѣе высокая температура, чѣмъ на поверхности земли у самой подошвы той горы, на которой находится горная станція. Эти извращенія температурныхъ состояній зависятъ въ извѣстномъ смыслѣ отъ времени года и бываютъ гораздо чаще зимою, чѣмъ лѣтомъ. Но такъ какъ астрономъ не можетъ опредѣленно знать въ данный моментъ средней температуры воздушныхъ слоевъ, черезъ которые проходитъ свѣтовой лучъ наблюдаемой звѣзды, то ему остается одно средство: допускать, что состояніе атмосферы мѣняется равномѣрно; сдѣлавъ это допущеніе, онъ выводитъ среднюю температуру изъ температуры воздуха въ нижнихъ слояхъ. Въ виду этой неточности, которая весьма чувствительно сказывается на самыхъ интересныхъ астрономическихъ изслѣдованіяхъ, астрономъ, какъ и метеорологъ, ожидаетъ важныхъ результатовъ отъ научныхъ полетовъ воздушныхъ шаровъ. Въ новѣйшее время цѣль ихъ заключается въ изслѣдованіи состояній атмосферы на высотѣ по крайней мѣрѣ первыхъ десяти километровъ надъ поверхностью земли.

Въ виду того, что такія ненормальныя метеорологическія состоянія, какъ извращенія температуръ слоевъ воздуха, стоятъ въ связи съ временами года, какъ и всѣ метеорологическіе процессы, можно предполагать, что и ошибки, допущенныя относительно дѣйствія рефракціи, также подчинены годичному періоду. Такимъ образомъ мы вновь возвращаемся къ первоначальной точкѣ нашего отступленія и можемъ ясно видѣть, что при опредѣленіи колебаній высоты полюса мы должны, на сколько возможно, исключить ошибку въ нашихъ допущеніяхъ относительно дѣйствія рефракціи. Описанный ранѣе методъ опредѣленія высоты полюса (стр. 454) не годится для этой цѣли, потому что звѣзды, находящіяся вблизи небеснаго полюса, испытываютъ въ нашихъ широтахъ весьма значительное дѣйствіе рефракціи. Пришлось искать другой методъ, при

которомъ можно было бы пользоваться звѣздами, находящимися въ наибольшей близости къ зениту. Для этой цѣли простое измѣреніе высоты такихъ звѣздъ меридіаннымъ кругомъ не подходитъ. Правда, этимъ способомъ можно найти высоту полюса, предполагая, что извѣстно склоненіе звѣзды. Но въ такомъ случаѣ кромѣ ошибки въ опредѣленіи склоненія примѣшивались бы постоянныя ошибки меридіаннаго круга, которыя играли бы большую роль. Ибо въ теченіе всего ряда измѣреній, при наблюденіяхъ около зенита, инструменту пришлось бы оставаться почти въ одномъ и томъ же положеніи. Въ виду этого изобрѣтенъ былъ инструментъ, спеціально для этихъ тончайшихъ измѣреній высоты полюса. Въ общемъ онъ вполнѣ похожъ на альтазимутъ. Его направляютъ на какую нибудь звѣзду вблизи зенита, закрѣпляютъ такимъ образомъ, что онъ можетъ двигаться только вокругъ вертикальной оси, и поворачиваютъ на 180^0, чтобы измѣрить зенитное разстояніе другой звѣзды, кульминирующей по другую сторону зенита на такомъ же разстояніи отъ него, какъ и первая звѣзда. Вторая звѣзда оказывается въ полѣ зрѣнія телескопа послѣ его поворота на 180^0; при этомъ инструментъ сохраняетъ свое прежнее направленіе по отношенію къ отвѣсной линіи. Остающаяся незначительная разность зенитныхъ разстояній обѣихъ звѣздъ измѣряется нитью микрометра. Высота полюса, найденная по этому методу Горребоу и Талькотта выражается такъ: $\varphi = {}^1/_2\ (\delta + \delta') + {}^1/_2\ (Z - Z')$, гдѣ δ и δ' склоненія наблюденныхъ звѣздъ, Z и Z' зенитныя разстоянія ихъ въ данный моментъ.

Этотъ моментъ имѣетъ то особенное преимущество, что онъ свободенъ отъ ошибокъ дѣленій круговъ инструмента, такъ какъ въ разсчетъ входятъ только разности обоихъ зенитныхъ разстояній, измѣренныя нитью микрометра, а не кругами. Рефракція вблизи зенита, какъ мы знаемъ, мала, а ошибки, которыя зависятъ отъ состоянія воздуха, весьма вѣроятно, имѣютъ одинаковую величину по обѣ стороны отъ зенита надъ головою наблюдателя. При томъ же эта величина исключается изъ разсчета, такъ какъ мы беремъ разность обоихъ зенитныхъ разстояній. Остается только неточность въ склоненіи избранныхъ для наблюденія звѣздъ, Въ виду этого берутъ только такія звѣзды, которыя многократно наблюдались подъ различными широтами, напр. основныя звѣзды. Остающаяся еще здѣсь ошибка будетъ вліять на высоту полюса всегда на нѣкоторую постоянную величину. Если долгое время наблюдать однѣ и тѣ же звѣзды, то колебаніе высоты полюса можно опредѣлить по этому методу съ величайшею точностью.

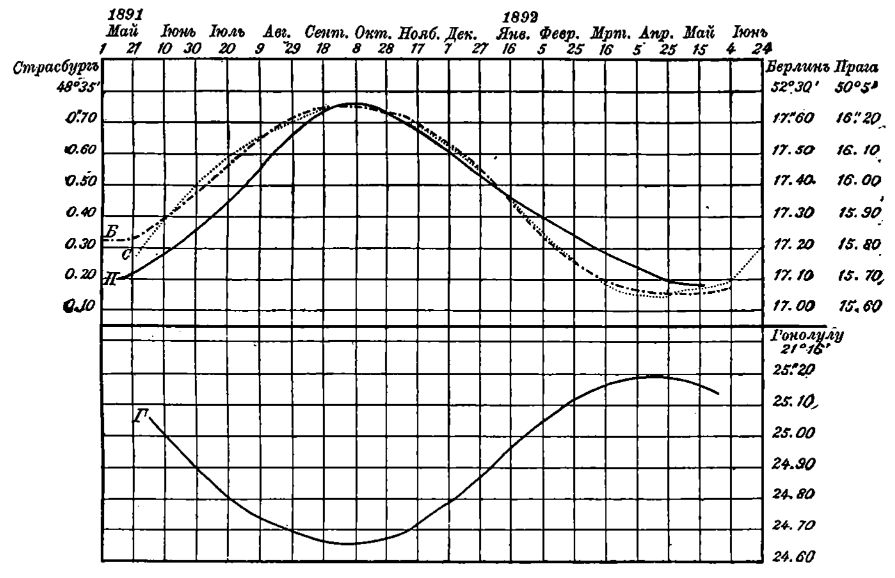
Хотя столь точный методъ и не могъ быть примѣненъ Бесселемъ, однако, этотъ великій наблюдатель уже въ 1844 г. напалъ впервые на слѣдъ колебанія высоты полюса; по его мнѣнію, оно достигало почти $0'',3$. Въ письмѣ къ Гумбольдту онъ писалъ тогда: „я думаю, что внутри земли происходятъ измѣненія, которыя имѣютъ вліяніе на направленіе тяжести". Но Бесселю не удалось прослѣдить этото вопроса дальше. Только на конференціи по европейскому градусному измѣренію въ Римѣ въ 1883 г. Фергола вновь возбудилъ этотъ вопросъ, а вскорѣ послѣ того Кюстнеръ, нынѣшній директоръ Боннской обсерваторіи, тогда еще астрономъ - наблюдатель Берлинской обсерваторіи, нашелъ колебаніе высоты полюса въ Берлинѣ равнымъ $0'',20$. Такъ какъ всетаки можно было думать, что здѣсь входятъ систематическія ошибки другого происхожденія, то рѣшено было изслѣдовать, можно ли и на другихъ обсерваторіяхъ, гдѣ за то же время велись точныя наблюденія, замѣтить подобныя же колебанія. Это подтвердилось на самомъ дѣлѣ для Пулкова и Готы. Наконецъ этотъ интересный вопросъ былъ выдвинутъ, и весьма заинтересованная имъ европейская комиссія градуснаго измѣренія въ 1888 г. въ Зальцбургѣ постановила точнѣйшимъ образомъ прослѣдить высоту полюса по ранѣе описанному

методу одновременно въ различныхъ мѣстахъ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ. Наблюденія въ Берлинѣ, Потсдамѣ и Прагѣ оказались согласными другъ съ другомъ, какъ можно видѣть изъ слѣдующихъ данныхъ.

Колебанія высоты полюса міра въ Берлинѣ, Потсдамѣ и Прагѣ.

Берлинъ			Потсдамъ			Прага		
8 окт. 1889 :	52° 30′17,53″		3 окт. 1889 :	52° 22′56,31″		27 сент. 1889 :	50° 5′16,04″	
4 нояб.	17,39	0,14″	29 дек. „	56,02	0,29″	4 нояб.	15,85	0,19″
23 „ „	17,28	0,11	10 янв. 1890 :	55,99	0,03	16 „ „	15,69	0,16
1 янв. 1890 :	17,08	0,20	29	55,90	0,09	13 янв. 1890 :	15,55	0,14
10	17,12	0,04						
26 „ „	17,04	0,08						

Итакъ, высота полюса измѣнялась съ 1889 — 90 гг. въ трехъ этихъ мѣстахъ одновременно и въ одномъ и томъ же смыслѣ, на 0,4″ — 0,5″ Но въ виду столь малыхъ величинъ можно было всетаки сдѣлать возраженіе,

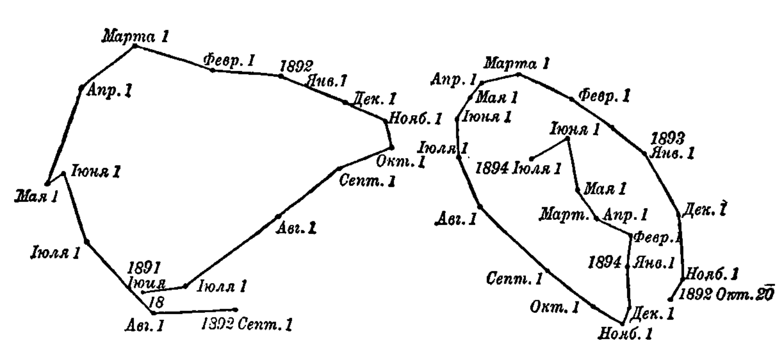


Кривыя колебанія высоты полюса въ Берлинѣ, Прагѣ, Страсбургѣ и Гонолулу.

что состояніе атмосферы и въ зенитѣ даже надъ большими пространствами земли могло дать ошибку на столь незначительную величину, и что здѣсь сказалось вліяніе рефракціи. Въ виду очень большой важности этого вопроса, названная комиссія градуснаго измѣренія въ 1890 г. рѣшила что необходимо весьма точно изслѣдовать эти колебанія въ теченіе одного года въ двухъ мѣстахъ, которыя лежали бы по возможности на діаметрально противоположныхъ пунктахъ земли. Тогда величина колебанія въ обоихъ мѣстахъ должна быть одинакова, но сказаться въ противоположномъ смыслѣ. Такими пунктами были выбраны — Берлинъ и Гонолулу на Гавайи. Разность долготъ обоихъ мѣстъ почти точно равна 180°, что главнымъ образомъ и было важно; разность же широтъ равна 30°. Наблюдателями въ Гонолулу были посланы изъ Берлина Маркузе, съ американской стороны Пристонъ. Съ мая 1891 г. въ теченіе года они измѣряли здѣсь высоту полюса по методу Горребоу. Прилагаемыя выше кривыя показываютъ, въ какомъ почти полномъ согласіи, хотя въ противоположномъ смыслѣ, какъ это и должно быть, происходило тогда колебаніе высоты полюса міра на обоихъ данныхъ полушаріяхъ. Здѣсь уже не можетъ быть и рѣчи объ одинаковомъ дѣйствіи атмосферныхъ вліяній или ошибокъ инструментовъ. Такимъ

образомъ было строго доказано существованіе колебаній высоты полюса, т. е. перемѣщеніе оси вращенія внутри земли.

Однако, ходъ этого колебанія во времени не оказался столь правильнымъ, какъ это должно бы быть по теоріи Эйлера. Она исходитъ изъ простѣйшаго допущенія, не отвѣчающаго дѣйствительности, что это колебаніе надо разсматривать, какъ слѣдствіе только одного толчка, вызвавшаго нарушеніе. Въ дѣйствительности нарушенія повторяются непрерывно, напр., тѣ, которыя обусловливаются метеорологическими процессами, повторяются ежегодно. Такъ какъ общая совокупность этихъ нарушающихъ вліяній не извѣстна,—самое большое, она можетъ быть только намѣчена,—то всего лучше выводить ее изъ самыхъ наблюденій, не дѣлая какихъ либо догадокъ относительно періода. Оказалось, что ось вращенія земли въ 1891 — 94 г. испытала перемѣщенія внутри земли, указанныя на прилаг. фиг. Крайнія отклоненія лежатъ здѣсь въ предѣлахъ 0,55″. Чтобы выяснить себѣ ходъ явленія, надо представить, что такой рисунокъ сдѣланъ на поверхности земли на одномъ изъ ея полюсовъ; тогда его крайніе размѣры лежали бы въ предѣлахъ 17 м. Слѣдовательно, точка, вокругъ которой въ дѣйствительности и происходило вращеніе земли, медленно перемѣщалась, на земной поверхности по неправильной кривой и, напр., 1 ноября 1891 г.. она была на разстояніи почти 17 м. отъ той точки, въ которой истинная ось вращенія земли касалась поверхности 1 мая 1892 г. Въ общемъ движеніе оси совершается соотвѣтственно періоду, который мало отличается отъ года. Въ теченіе его самая ось перемѣщается внутри земли по конической поверхности. Однако, какъ и слѣдовало ожидать, замѣчаются значительныя отклоненія отъ этого типическаго хода. Быть можетъ, при дальнѣйшемъ наблюденіи надъ этими періодами, обнаружится связь ихъ съ метеорологическими процессами на земной поверхности.



Колебанія высоты полюса въ періодъ отъ 1891 до 1894 гг.

Весьма замѣчательно внезапное отклоненіе земной оси въ ноябрѣ 1893 г. Тогда она находилась всего на нѣсколько метровъ отъ того мѣста, которое занимала годъ тому назадъ. Вмѣсто того, чтобы замкнуть довольно правильную эллиптическую кривую этого года, колебаніе оси внезапно измѣнило свое направленіе. Наблюденныя отклоненія становились все меньше и меньше, пока лѣтомъ 1894 г. не исчезли почти совершенно. Длина дѣйствительно найденнаго періода лежитъ здѣсь между 380 и 400 днями. Въ старыхъ наблюденіяхъ съ меридіаннымъ кругомъ пробовали также отыскать этотъ періодъ. Изъ 33000 такихъ наблюденій, произведенныхъ между 1837 и 1891 г.г. на 17 различныхъ обсерваторіяхъ, Чендлеръ вывелъ, что указанной правильности періодовъ вообще нельзя замѣтить, но что въ извѣстное время, напр., между 1863—1885 гг., она выступаетъ довольно ясно, и наблюдается періодъ въ 427 дней. Нѣсколько періодовъ различныхъ величинъ какъ будто соединяются въ одинъ большой, примѣрно, семилѣтній. Но всѣ эти вопросы требуютъ еще подтвержденія въ дальнѣйшихъ наблюденіяхъ, которыхъ и надо ждать въ ближайшія десятилѣтія.

Для выясненія нашихъ взглядовъ на нѣкоторые климатическіе процессы старыхъ геологическихъ эпохъ необходимо рѣшить вопросъ, происходятъ ли колебанія высоты полюса только въ предѣлахъ опредѣленной средней величины, или же они совершаютъ на земной поверхности нѣкоторое поступательное движеніе въ направленіи какого либо меридіана. Какъ мы еще увидимъ ближе, границы климатическихъ поясовъ располагаются относительно этой дѣйствительной точки вращенія земной поверхности, а не относительно направленія геометрической земной оси. Смотря по тому, какъ перемѣщается эта точка на земной поверхности, смѣщаются и границы поясовъ. Слѣдовательно, и полярные ледяные покровы не имѣютъ постояннаго средняго положенія. Допустимъ, что въ теченіе очень большихъ періодовъ времени, которыми должны измѣряться геологическіе возрасты земли, происходило измѣненіе высоты полюса приблизительно въ одномъ какомъ нибудь направленіи, и что въ концѣ-концовъ это перемѣщеніе достигло величины цѣлыхъ градусовъ. Тогда очень просто можно бы объяснить какъ временныя, такъ и періодически возвращающіяся обледенѣнія большихъ областей. Въ настоящее время несомнѣнно доказано, что процессы эти совершались, но причины ихъ все еще остаются неразъясненными.

Въ согласіи съ даннымъ нами объясненіемъ стоялъ бы и тотъ фактъ, что въ большихъ широтахъ находятъ окаменѣлые остатки организмовъ, живущихъ только въ южныхъ странахъ. Конечно, для того, чтобы объяснить столь большія перемѣщенія оси вращенія надо найти еще тѣ причины, которыя могли бы дѣйствовать въ теченіе долгаго времени въ одномъ и томъ же смыслѣ. Метеорологическіе процессы не удовлетворяютъ этому условію: по скольку мы знаемъ, они сопровождаются переносомъ массъ какъ въ томъ, такъ и въ другомъ направленіи въ одинаковомъ количествѣ. Однако, нѣкоторые процессы, косвеннымъ образомъ связанные съ метеорологическими, совершаются на нашихъ глазахъ всегда только въ одномъ направленіи. Сюда принадлежитъ перенесеніе рыхлыхъ матеріаловъ, которые уносятся теченіемъ рѣкъ въ морскіе бассейны. Количество матеріала, переносимаго такимъ образомъ, Уотерсъ оцѣниваетъ въ нѣсколько тысячъ милліоновъ тоннъ ежегодно. Но эти массы ничтожно малы по сравненію со смѣщеніями и поднятіями, какія испытываютъ материки вслѣдствіе геологическихъ процессовъ еще и нынѣ, а также испытывали и въ болѣе раннія эпохи. Шванъ въ Берлинѣ вычислилъ, что поднятіе или опусканіе европейско-азіатскаго материка всего на 1 см. должно вызвать перемѣщеніе полюса на 0,42 м., а Хевтонъ (Haughton) нашелъ, что всей геологической работѣ, потраченой на поднятіе всѣхъ существующихъ материковъ надъ уровнемъ моря, соотвѣтствуетъ перемѣщеніе полюса на 111 клм.

Къ этимъ дѣйствіямъ, совершающимся на самой землѣ, присоединяется еще масса космическихъ вліяній, которыя стоятъ въ связи съ измѣненіемъ взаимныхъ отношеній земли, ея спутника и солнца, въ различныя геологическія эпохи. Характеръ этихъ вліяній мы поймемъ только позднѣе. Космическія вліянія на перемѣщеніе земной оси внутри планеты иногда могутъ сказываться еще сильнѣе, чѣмъ выше разсмотрѣнныя, такъ какъ они могутъ вызывать со своей стороны реакціи, какъ напр. волны прилива, сопровождаемыя перемѣщеніями массъ. Итакъ, мы видимъ, что вопросъ о колебаніи высоты полюса все болѣе и болѣе усложняется, чѣмъ глубже мы входимъ въ эту интересную пограничную область, которая предъявляетъ высокія требованія, какъ къ математическому анализу, такъ и къ астрономическому измѣрительному искусству. Яснаго разрѣшенія этого вопроса надо ждать только отъ дальнѣйшихъ изслѣдованій.

Прежде чѣмъ закончить наши разсужденія о размѣрахъ земли, мы должны разсмотрѣть еще относительную величину нашей планеты, такъ

какъ этотъ вопросъ играетъ важную роль при оцѣнкѣ взаимнаго вліянія небесныхъ свѣтилъ другъ на друга. Разсмотримъ опредѣленіе массы земли.

Физическія изслѣдованія показали, что сила притяженія, производимая какимъ либо тѣломъ, пропорціональна его массѣ. Масса земли притягиваетъ тѣло, находящееся вблизи ея поверхности, такимъ образомъ, что въ первую секунду оно проходитъ путь въ 4,9 м., и при томъ все равно, каковъ бы ни былъ вѣсъ тѣла. Если же при паденіи различныхъ тѣлъ въ воздухѣ наблюдается нѣкоторая разница въ скорости ихъ паденія, то это зависитъ отъ различнаго сопротивленія воздуха. Строго говоря, наше выраженіе о притяженіи земли не правильно: какъ земля притягиваетъ падающее тѣло, такъ со своей стороны и падающее тѣло притягиваетъ землю. Послѣдняя также падаетъ къ тѣлу. Но паденіе ея находится въ такомъ же отношеніи къ паденію тѣла, въ какомъ масса тѣла къ массѣ земли. Если тѣло вѣситъ $^1/_2$ клгр., то путь, проходимый землею по направленію къ этому малому тѣлу, равенъ 4,9 м., раздѣленнымъ на число килограммовъ, какое вѣситъ земля. Понятно, число, полученное при этомъ, будетъ такъ ничтожно мало, что оно остается недоступнымъ даже для нашихъ тончайшихъ измѣреній. Если бы мы могли на самомъ дѣлѣ измѣрить этотъ путь паденія, то этимъ способомъ мы могли бы, такъ сказать, положить землю на чашку вѣсовъ и выразить ея вѣсъ въ килограммахъ.

Оказалось, что косвеннымъ путемъ можно дѣйствительно произвести взвѣшиваніе земного шара. Сначала оно съ успѣхомъ было выполнено Кавендишемъ съ помощью, такъ называемыхъ, крутильныхъ вѣсовъ (см. также, стр. 478). Этотъ въ принципѣ очень простой приборъ состоитъ изъ двухъ небольшихъ шариковъ, которые укрѣплены на концахъ металлическаго стержня, свободно висящаго на некрученой нити. Когда шарики не испытываютъ никакого посторонняго дѣйствія, тогда стержень, на которомъ они находятся, не совершаетъ никакихъ движеній. Но если вывести шары изъ состоянія покоя, то вслѣдствіе крученія нити они начинаютъ качаться, пока послѣ извѣстнаго числа качаній, опять не прійдутъ въ прежнее состояніе покоя. При этомъ число качаній оказывается различнымъ при различныхъ внѣшнихъ сопротивленіяхъ, какія приходится преодолѣвать крученію нити. Приборъ этотъ оказывается весьма чувствительнымъ къ необычайно слабымъ вліяніямъ.

Если вблизи этихъ качающихся шаровъ помѣстить тяжелую массу, то сила ея притяженія, дѣйствуя на качающійся шарикъ, будетъ уменьшать число качаній, что и наблюдается въ дѣйствительности. Этимъ способомъ можно было измѣрить силу притяженія тяжелой массы. Затѣмъ найденную величину можно прямо сравнить съ тою силою, съ какой земля притягиваетъ съ своей стороны, эту тяжелую массу. Такимъ способомъ изъ большого числа очень точныхъ измѣреній, при которыхъ всѣ другія постороннія вліянія тщательно были удалены, Рейхъ въ 1839 г. нашелъ, что, круглымъ числомъ, земля вѣситъ 180,000 трилліоновъ центнеровъ (центнеръ = 50 килогр.).

О такомъ числѣ, которое къ тому же нельзя считать точнымъ, невозможно составить себѣ представленія. Поэтому предпочитаютъ при подобныхъ опытахъ опредѣлять и указывать не вѣсъ земли, а ея среднюю плотность. Вещество считаютъ тѣмъ плотнѣе, чѣмъ при данномъ объемѣ оно тяжелѣе. Единицею для сравненія служитъ при этомъ вода. Такъ, напр., плотность желѣза равна 7,8; это значитъ, что 1 кб. дцм. желѣза вѣситъ 7,8 клгр., такъ какъ по метрической системѣ 1 кб. дцм., т. е. 1 литръ воды вѣситъ 1 клгр. Кубическое содержаніе (объемъ) земли намъ извѣстно съ достаточною для нашей цѣли точностью (по даннымъ Бесселя оно равно 1.082,841,320,000 кб. клм.). Поэтому можно вычислить, сколько должна вѣсить земля, если бы она состояла изъ воды. А если мы раздѣ-

лимъ дѣйствительный ея вѣсъ на полученное число, то найдемъ среднюю плотность земной массы, которая, изъ приведенныхъ выше опытовъ Рейха, оказывается равною 5,44. Эта величина была опредѣлена, кромѣ того, многими другими способами, напр., при помощи описанныхъ уклоненій отвѣса. Какъ мы знаемъ, они вызываются притяженіемъ отдѣльныхъ массъ, напр., горъ, находящихся вблизи. Если вмѣстѣ съ измѣреніемъ величины уклоненія отвѣса мы можемъ опредѣлить массу всей горы, вызывающей уклоненіе, то, въ сущности, мы произведемъ тотъ же опытъ, что и съ крутильными вѣсами, только въ громадныхъ размѣрахъ.

Затрудненіе заключается здѣсь въ опредѣленіи вѣса горнаго кряжа. Его можно найти, опредѣливъ объемъ горы и среднюю плотность горныхъ породъ, ее составляющихъ. Первое опредѣленіе можно произвести съ нѣкоторою точностью только при томъ условіи, если гора имѣетъ сколько нибудь правильную форму. Поэтому Менденгаль выбралъ для этой цѣли извѣстный японскій вулканъ Фузи-Яма, который имѣетъ необычайно правильную форму конуса и, повидимому, весь массивъ его состоитъ изъ однородныхъ вулканическихъ породъ. Измѣренія Менденгаля дали для плотности земли число 5,77. Въ послѣднее время подобныя опредѣленія плотности были произведены Рихарцомъ (Richarz) при помощи прямыхъ взвѣшиваній съ точными вѣсами, которыя помѣщались на различныхъ высотахъ, т. е. на различныхъ разстояніяхъ отъ центра земли. Вильзингъ въ Потсдамѣ примѣнилъ для этого совершенно новый методъ, при чемъ въ его изслѣдованіяхъ былъ примѣненъ геодезическій точный маятникъ, который здѣсь служилъ для рѣшенія опять новой задачи. Наблюдалось, какое вліяніе оказываетъ масса, находящаяся вблизи его, на число его качаній въ единицу времени. Такимъ образомъ, можно отдѣлить отъ дѣйствій земной тяжести ту силу притяженія, какую производитъ эта масса. Очень точныя изслѣдованія Вильзинга дали для плотности земли величину 5,594 съ точностью до 0,8 процента.

Инымъ путемъ старался подойти къ рѣшенію этого вопроса Штернекъ въ Вѣнѣ: онъ наблюдалъ качанія маятника въ рудникѣ. Этотъ опытъ — обратный тому, какой производился на горахъ. Теорія доказываетъ, что по мѣрѣ углубленія внутрь земли, на тѣло всегда оказываетъ притяженіе только та масса земли, которая лежитъ внутри шаровой поверхности, соотвѣтствующей мѣсту наблюденія. Ради простоты допустимъ, что земля есть шаръ. Если мы опустимся, приблизительно, на глубину 1000 м., то сила притяженія земли будетъ дѣйствовать только такъ, какъ если бы вокругъ всей земли былъ снятъ слой, толщиною отъ того мѣста, гдѣ мы находимся, до поверхности земли. Это можно найти, если суммировать дѣйствіе притяженія, производимое данной шаровой оболочкой на точку наблюденія. Массы, лежащія надъ наблюдателемъ и дѣйствующія въ сторону, обратную силѣ тяжести, хотя и меньше по величинѣ, чѣмъ тѣ массы, которыя лежатъ въ противоположной части шаровой оболочки, но за то онѣ ближе. Законъ увеличенія силы тяжести, въ отношеніи квадрата, по мѣрѣ приближенія къ центру притягивающаго тѣла, при этомъ, конечно, остается въ силѣ, но уменьшается дѣйствующая масса. Въ самомъ центрѣ земли вся масса ея будетъ лежать надъ нами, а потому и сила тяжести должна быть тамъ равна нулю. Это вытекаетъ также изъ того, что въ центрѣ земли масса ея будетъ дѣйствовать на насъ одинаково со всѣхъ сторонъ. Слѣдовательно, при приближеніи къ центру земли дѣйствуютъ два фактора на силу тяжести и притомъ въ противоположномъ направленіи: сила тяжести уменьшается, потому что дѣйствующая масса уменьшается, но она увеличивается, потому что мы приближаемся къ центру тяготѣнія. Кромѣ того, измѣняется противодѣйствіе центробѣжной силы, такъ какъ точки, лежащія ближе къ центру земли, описываютъ меньшіе

круги. При совмѣстномъ дѣйствіи этихъ вліяній, какъ вычислилъ Гельмертъ, вліяніе приближенія къ центру беретъ перевѣсъ до глубины въ 0,18 частей земного радіуса. При этомъ сила тяжести возрастаетъ до 1,05 той величины, какую она имѣетъ на поверхности, а далѣе къ центру она правильно уменьшается.

Въ виду этого, если на различныхъ глубинахъ рудниковой шахты произвести наблюденія надъ маятникомъ, то мы должны обнаружить соотвѣтственное увеличеніе тяжести. Въ частности, оно будетъ зависѣть еще отъ средней плотности слоевъ, въ которые постепенно приходится проникать при этомъ опытѣ, и дѣйствіе которыхъ, какъ мы только что разсмотрѣли, послѣдовательно будетъ исключаться изъ нашихъ разсчетовъ. Такимъ способомъ можно опредѣлить, какъ измѣняются качанія маятника, смотря по тому, находится ли онъ подъ вліяніемъ верхнихъ слоевъ земли, или только подъ вліяніемъ лежащаго подъ ними ядра земли. Плотность верхнихъ слоевъ намъ извѣстна. При этой постановкѣ опыта можно вычислить плотность ядра. Штернекъ произвелъ наблюденія на глубинѣ 1000 м. шахты Адальберта на Прибрамскихъ серебряныхъ рудникахъ, именно, на трехъ различныхъ глубинахъ, и нашелъ отсюда среднюю плотность земли равною 5,776.

На основаніи различныхъ приведенныхъ данныхъ можно принять, что истинная величина плотности земли заключается между предѣлами 5,5 и 5,8. Но такъ какъ земная кора, поскольку ея горныя породы доступны нашему прямому изслѣдованію, имѣетъ гораздо меньшую плотность, именно около 3, даже еще меньше, если принять въ разсчетъ водную оболочку земли, то ядро земли должно состоять изъ гораздо болѣе плотныхъ веществъ, чѣмъ поверхностные слои. Для ядра получаются числа, которыя лежатъ между 7 и 8, т. е. почти равны плотности желѣза,— этого металла, который мы встрѣчаемъ всюду при спектроскопическомъ изслѣдованіи небесныхъ свѣтилъ. Поэтому не можетъ быть сомнѣнія, что и то небесное свѣтило, на которомъ мы живемъ, въ главной массѣ состоитъ изъ этого же вещества. Дѣйствительно, мы встрѣчаемъ тѣмъ болѣе желѣзосодержащихъ минераловъ, и вообще металлоносныхъ слоевъ, чѣмъ глубже опускаемся къ земному ядру. Однако, плотность къ центру земли должна возрастать отъ одного только давленія верхнихъ слоевъ горныхъ породъ, если бы даже вся земля состояла изъ одинаковаго матеріала. Лапласъ, Гельмертъ и другіе опредѣляли вычисленіемъ, какую плотность должна имѣть земля при этомъ допущеніи, и Гельмертъ нашелъ ее равною 11,3.

При знакомствѣ съ различными фактами, касающимися величины и формы нашей земли, мы все болѣе и болѣе замѣчали въ ней черты, которыя обнаруживаютъ ея внутреннее родство съ планетами, этими свѣтилами, обращающимися во вселенной вокругъ солнца по ту и по другую сторону отъ нашей точки наблюденія. Для того, чтобы поставить землю въ одинъ рядъ съ ними, мы должны ближе изучить ея движеніе относительно солнца.

---

3. Видимыя движенія солнца. Системы времясчисленія. Прецессія и нутація. Опредѣленіе мѣста на морѣ.

Если мы станемъ слѣдить за видимымъ движеніемъ солнца при помощи меридіаннаго круга, какъ это было описано въ прошлой главѣ для неподвижныхъ звѣздъ, то мы скоро увидимъ, что солнце не занимаетъ постояннаго положенія среди звѣздъ. Это было подмѣчено еще въ древности при поверхностныхъ наблюденіяхъ надъ длиною тѣни гномона. Тогда

какъ неподвижныя звѣзды не измѣняютъ своей экваторіальной долготы и широты, соотвѣтственныя координаты солнца при каждомъ прохожденіи его черезъ меридіанъ систематически измѣняются. Это уже очевидно изъ того, что высота солнца мѣняется въ различныя времена года, тогда какъ мы знаемъ, что неподвижныя звѣзды изъ года въ годъ кульминируютъ на одной высотѣ, которая зависитъ только отъ ихъ экваторіальнаго разстоянія и отъ географической широты мѣста.

Меридіанныя наблюденія солнца необходимо конечно всегда относить къ его центру, за перемѣщеніемъ котораго мы однако не можемъ слѣдить непосредственно. Приведеніе наблюденій къ центру солнца производятъ такимъ образомъ, что изъ наблюденій надъ краями его берутъ среднее, причемъ одновременно опредѣляется и видимый поперечникъ солнца. И вотъ оказывается, что центръ солнца каждый день кульминируетъ позднѣе тѣхъ звѣздъ, которыя за день передъ тѣмъ прошли черезъ меридіанъ одновременно съ нимъ, и именно запаздываетъ каждый день на 3 мин. 56,555 сек. Слѣдовательно, въ среднемъ на эту величину ежедневно прибываетъ экваторіальная долгота (прямое восхожденіе) солнца. Но движеніе солнца въ этомъ направленіи не вполнѣ равномѣрно, — оно показываетъ періодическія измѣненія, которыя правильно повторяются въ теченіе года.

По астрономическому опредѣленію, солнечный годъ равенъ числу звѣздныхъ дней (т.-е. оборотовъ земли вокругъ оси), между двумя послѣдовательными моментами, въ которые экваторіальная долгота и широта центра солнца равны нулю, и притомъ широта начинаетъ прибывать; другими словами, онъ равенъ промежутку времени, какое протекаетъ между двумя прохожденіями солнца черезъ точку весенняго равноденствія. Для отличія отъ другихъ опредѣленій, къ которымъ мы вернемся позднѣе, это опредѣленіе относится къ длинѣ тропическаго года. По наблюденіямъ онъ оказывается равнымъ 366,242201 звѣздному дню. Время, какое протекаетъ между двумя послѣдовательными кульминаціями солнца, называется истиннымъ солнечнымъ днемъ; моментъ самой кульминаціи истиннымъ полднемъ.

Такъ какъ увеличеніе солнечной долготы, со дня на день, какъ мы уже видѣли, не вполнѣ равномѣрно, то длина истиннаго солнечнаго дня, выраженная въ звѣздномъ времени, также измѣнчива. Эти отклоненія, суммируясь, могутъ дать разницу въ 16 минутъ между моментомъ истиннаго полдня и тѣмъ моментомъ, когда правильно идущій хронометръ, ежедневно отстающій отъ звѣздныхъ часовъ соотвѣтственно среднему движенію солнца, будетъ показывать 12 часовъ. Такой хронометръ идетъ по такъ называемому среднему или гражданскому времени. Болѣе точное опредѣленіе послѣдняго таково: представимъ себѣ точку, которая, двигаясь равномѣрно по эклиптикѣ, совершала бы полный оборотъ въ то же самое время, что и истинное солнце, и проходила бы черезъ перигей въ одно и то же время съ центромъ истиннаго солнца. Вообразимъ далѣе точку, которая, двигаясь равномѣрно по экватору, совершала бы полный оборотъ въ то же самое время и проходила бы черезъ точку весенняго равноденствія въ тотъ же моментъ, что и первая воображаемая точка; эта вторая точка называется среднимъ солнцемъ. Въ такомъ случаѣ средній солнечный день будетъ равенъ времени, которое протекаетъ между двумя послѣдовательными кульминаціями воображаемаго средняго солнца. Между звѣзднымъ днемъ и среднимъ солнечнымъ днемъ получается такое отношеніе: звѣздный день $= \frac{365,242\,201}{366,242\,201} =$ 23 часамъ 56 минутамъ 4,091 секунды средняго времени, а средній день $= \frac{366,242\,201}{365,242\,201} =$ 24 часамъ 3 минутамъ 56,555 секунды звѣзднаго времени. Это отношеніе между двумя системами времени очень

просто. Можно всегда, не прибѣгая къ наблюденію надъ солнцемъ, провѣрять часы, идущіе по среднему времени, на основаніи опредѣленій, сдѣланныхъ при помощи меридіаннаго круга надъ звѣздными прохожденіями, такъ какъ эти опредѣленія прямо даютъ звѣздное время.

Но нѣсколько сложнѣе представляется переводъ средняго времени на истинное солнечное время. Онъ производится при помощи **уравненія времени**: такъ называется разность между двумя системами времени въ полдень соотвѣтственнаго дня. Ниже мы даемъ таблицу уравненія времени, заимствованную изъ астрономическаго календаря:

Таблица, дающая уравненіе времени и положенія солнца въ 1897 г.

Истинный берлинскій полдень				Истинный берлинскій полдень			
Число мѣсяца	Уравненіе времени: срд. вр.-ист. вр.	A. R. солнца	Склоненіе солнца	Число мѣсяца	Уравненіе времени: Срд. вр.-ист. вр.	A. R. солнца	Склоненіе солнца
1. янв.	+ 3м 59,7с	18ч 49м 26,6с	—22°58′ 4″	5. іюля	+ 4м 21,6с	6ч 59м 11,4с	+22°45′23″
6.	6 16,3	19 11 26,4	22 26 19	10.	5 8,2	7 19 41,0	22 11 25
11.	8 20,5	19 33 13,7	21 54 31	15.	5 43,7	7 39 59,4	21 27 56
16.	10 9,1	19 54 45,4	20 50 13	20.	6 6,7	8 0 5,2	20 35 20
21.	11 40,0	20 15 59,3	19 47 2	25.	6 16,3	8 19 57,5	19 34 2
26.	12 51,9	20 36 54,2	18 34 39	30. „	6 11,3	8 39 35,4	18 24 36
31. „	13 44,1	20 57 29,4	—17 13 50	4. авг.	+ 5 51,2	8 58 58,0	17 7 38
5. февр.	14 16,0	21 17 44,1	15 45 24	9.	5 15,8	9 18 5,2	15 43 46
10.	14 27,3	21 37 38,2	14 10 17	14.	4 25,7	9 36 57,8	14 13 37
15.	14 19,0	21 57 12,7	12 29 20	19.	3 22,4	9 55 31,1	12 37 48
20.	13 52,5	22 16 28,9	10 43 25	24.	2 7,5	10 14 4,8	10 56 56
25. „	13 10,1	22 35 29,1	8 53 20	29. „	+ 0 42,5	10 32 22,3	9 11 41
2. марта	+ 12 13,8	22 54 15,5	— 6 59 55	3. сент.	— 0 51,0	10 50 31,3	7 22 47
7.	11 5,6	23 12 49,8	5 4 1	8.	2 31,3	11 8 33,5	5 30 57
12.	9 47,6	23 31 14,4	3 6 30	13.	4 15,9	11 26 31,4	3 36 49
17.	8 22,0	23 49 31,3	— 1 8 10	18.	6 2,0	11 44 27,8	+ 1 41 1
22.	6 51,7	0 7 43,6	+ 0 50 15	23.	7 46,9	12 2 25,4	— 0 15 46
27. „	5 19,7	0 25 54,1	2 48 4	28. „	9 28,1	12 20 26,6	2 12 49
1. апр.	3 48,6	0 44 5,5	4 44 32	3. окт.	11 3,6	12 38 33,7	4 9 20
6.	2 20,5	1 2 19,9	6 38 53	8.	12 31,0	12 56 48,8	6 4 35
11.	+ 0 57,4	1 20 39,3	8 30 21	13.	13 47,7	13 15 14,7	7 57 49
16.	— 0 18,8	1 39 5,7	10 18 14	18.	14 50,9	13 33 54,1	9 48 20
21.	1 25,7	1 57 41,4	12 1 53	23.	15 38,2	13 52 49,4	11 35 18
26. „	2 21,2	2 16 28,6	13 40 40	28. „	16 7,8	14 12 2,4	13 17 54
1. мая	3 3,8	2 35 28,6	15 13 50	2. нояб.	16 18,7	14 31 34,3	14 55 15
6.	3 32,9	2 54 42,2	16 40 45	7.	16 9,8	14 51 26,0	16 26 29
11.	3 48,2	3 14 9,6	18 0 42	12.	15 40,1	15 11 38,6	17 50 48
16.	3 49,6	3 33 51,0	19 13 5	17.	14 48,9	15 32 12,7	19 7 23
21.	3 36,9	3 53 46,5	20 17 22	22.	13 36,6	15 53 8,0	20 15 26
26.	3 10,6	4 13 55,7	21 13 2	27. „	12 4,5	16 14 23,2	21 14 9
31. „	31,9	4 34 17,3	21 59 32	2. декаб.	10 14,9	16 35 55,8	22 2 50
5. юня	1 42,9	4 54 49,2	22 36 30	7.	8 10,6	16 57 43,2	22 40 53
10.	— 0 46,4	5 15 28,7	23 3 33	12.	5 54,5	17 19 42,6	23 7 49
15.	+ 0 15,3	5 36 13,3	23 20 28	17.	3 29,8	17 41 50,4	23 23 17
20.	1 19,6	5 57 0,6	23 27 8	22.	— 1 0,3	18 4 3,1	23 27 1
25.	2 24,2	6 17 48,1	23 23 27	27.	+ 1 29,3	18 26 16,0	—23 18 58
30.	3 25,9	6 38 32,8	23 9 29				

Эти отдѣльныя значенія уравненія времени сначала приходилось опредѣлять каждый разъ особымъ наблюденіемъ, и только потомъ они сдѣлались предметомъ теоретическихъ разсчетовъ, въ основаніи которыхъ лежитъ знаніе видимаго движенія солнца. Уравненіе времени представляется очень сложною функціею. Четыре раза въ годъ оно равно нулю, т. е. истинный полдень совпадаетъ съ среднимъ полднемъ: 14 апрѣля, 14 іюня, 31 августа и 23 декабря. Начиная съ послѣдняго числа, уравненіе времени все возрастаетъ, при чемъ средній полдень приходится на болѣе поздній моментъ, чѣмъ истинный. 11 февраля разность достигаетъ максимума, приблизительно въ 14,5 минутъ. Послѣ этого средній полдень отступаетъ отъ истиннаго и 14 мая приходится раньше послѣдняго почти на 4 минуты. Далѣе уравненіе времени опять начинаетъ возрастать и 26 іюля доходитъ до $6^1/_4$ минутъ, наконецъ, до 2 ноября оно уменьшается; въ этотъ день средній полдень наступаетъ на $16^1/_4$ минутъ раньше истиннаго.

Моментъ средняго полдня, какъ и моментъ истиннаго, само собою понятно, различенъ для каждаго меридіана земной поверхности, такъ же какъ меридіанное прохожденіе всякой звѣзды. Разности послѣднихъ моментовъ, какъ мы знаемъ, представляютъ разности географическихъ долготъ, и не трудно догадаться, что разность времени между средними полднями двухъ мѣстъ равна этой же самой разности долготъ, если только выражать первую разность въ звѣздномъ, вторую — въ среднемъ времени. Для опредѣленія разности географическихъ долготъ требуется знать промежутокъ времени между прохожденіями меридіана перваго и второго мѣста черезъ какой нибудь постоянный меридіанъ небесной сферы, при чемъ выражаютъ этотъ промежутокъ въ звѣздномъ времени, т. е. въ частяхъ оборота земли. Если опредѣленіе долготы произвести съ помощью солнца, наблюдая разности полдней, то оказывается, что солнце, между моментами кульминаціи на томъ и на другомъ мѣстѣ, немного отстаетъ: именно, его прохожденіе во второмъ мѣстѣ наступаетъ позднѣе, чѣмъ тоже самое было бы найдено для неподвижной звѣзды. Но по тому отношенію, какое мы установили между системами средняго и звѣзднаго времени, эта разница, очевидно, должна быть равна разности обоихъ временъ, слѣдовательно, разность долготъ между двумя мѣстами какъ разъ равна промежутку времени между кульминаціями средняго солнца на обоихъ мѣстахъ, выраженному въ среднемъ времени, или равна разности послѣдней. Такъ какъ среднее время различно для каждаго мѣста, именно на величину разности долготъ, то его называютъ также **мѣстнымъ временемъ**.

Показанія часовъ, идущихъ по мѣстному времени, только въ среднемъ соотвѣтствуютъ положенію солнца относительно горизонта даннаго мѣста. Но введеніемъ мѣстнаго времени было достигнуто однообразіе въ показаніяхъ времени для одного и того же мѣста. Не представлялось никакой надобности переводить хронометръ каждый день соотвѣтсвенно положенію солнца. Незначительныя отклоненія этой системы времени отъ естественной, доходящія до четверти часа, не чувствительны для человѣческаго организма. Мы не замѣтили бы даже, если бы между обѣими частями дня до и послѣ полудня, на которыя мы дѣлимъ нашу дневную дѣятельность, разница доходила по нашимъ часамъ до получаса. Только истинный полдень дѣлитъ время между восходомъ и закатомъ солнца на двѣ равныя половины. Въ длинные солнечные дни эта разница ускользаетъ отъ самаго внимательнаго наблюденія, и только въ первыя недѣли ноября, когда уравненіе времени достигаетъ максимума, можно замѣтить, что дополуденное время короче послѣполуденнаго. Обратное отношеніе замѣчается въ срединѣ февраля. Между ноябремъ и февралемъ прибываетъ по среднему времени главнымъ образомъ только дополуденное время, а затѣмъ дѣлается очень замѣтнымъ увеличеніе послѣполуденной части дня.

При широкомъ развитіи человѣческихъ сношеній въ нашъ вѣкъ скоро почувствовалось во-первыхъ то неудобство, что съ перемѣною мѣста приходится переводить часы, весьма часто хорошо вывѣренные, во-вторыхъ то, что при сношеніи съ различными мѣстами приходится принимать во вниманіе разность долготъ, разъ только дѣло касается опредѣленнаго физическаго момента. Въ прежнее время при сношеніяхъ не играла роли въ показаніяхъ времени неточность, доходящая до значительныхъ долей часа, съ другой стороны только черезъ нѣсколько дней пути достигалась разность меридіановъ, соотвѣтствующая цѣлому часу. Теперь, при развитіи желѣзныхъ дорогъ и телеграфовъ, приходится принимать въ разсчетъ минуты и даже доли минутъ, въ предѣлахъ которыхъ напередъ опредѣляется наступленіе извѣстнаго событія. Ошибки или пренебреженіе разностями мѣстнаго времени, напр., въ желѣзнодорожной службѣ, могутъ имѣть роковыя послѣдствія. Поэтому въ цѣляхъ сношеній въ концѣ-концовъ стали руководиться мѣстнымъ временемъ столицы данной страны, т. е., такъ называемымъ національнымъ временемъ, по крайней мѣрѣ при сообщеніяхъ внутри страны. Поэтому теперь въ путешествіи приходится переставлять часы всякій разъ только при переѣздѣ черезъ границу каждой страны. Но общіе интересы всего человѣчества, конечно, этимъ не удовлетворяются: поэтому стремятся къ полному объединенію времени на всей землѣ, къ установленію вселенскаго времени.

Вопросъ о вселенскомъ времени былъ поднятъ въ первый разъ на международной геодезической конференціи въ Римѣ въ 1883 г. Хотя полнаго единодушія и не оказалось, однако, въ принципѣ всѣ склонялись къ введенію всеобщаго времени, Этотъ вопросъ особенно настойчиво требовалъ разрѣшенія для Соединенныхъ Штатовъ Сѣв. Америки. Восточныя и западныя области ихъ находятся въ оживленномъ общеніи между собою, между тѣмъ разница въ мѣстномъ времени крайнихъ областей доходитъ до пяти часовъ. Поэтому правительство Соединенныхъ Штатовъ созвало осенью 1884 г. международную дипломатическую конференцію въ Вашингтонѣ, которая должна была рѣшить выборъ перваго меридіана для счета времени. Конечно, было совершенно безразлично, какой меридіанъ выбрать. Но такъ какъ четыре наиболѣе важныхъ астрономическихъ ежегодника уже много лѣтъ вычисляются для меридіановъ Гринвича, Парижа, Берлина и Вашингтона, то только эти четыре меридіана и могли быть приняты въ разсчетъ. Изъ нихъ меридіанъ Гринвича имѣлъ то большое преимущество, что всѣ мореходныя націи, за единственнымъ исключеніемъ французовъ, руководятся имъ, т. е. ставятъ свои корабельные хронометры по Гринвичскому времени, и что всѣ морскія карты изготовляются относительно гринвичскаго меридіана (Обсерваторія въ Гринвичѣ, см. стр. 497).

Но, къ сожалѣнію, въ Вашингтонѣ не пришли ни къ какому соглашенію; на сцену выступило національное соревнованіе; особенно французы никакъ не хотѣли отказаться отъ парижскаго меридіана. При дальнѣйшемъ обсужденіи вопросъ, повидимому, безъ всякой нужды осложненъ былъ предложеніемъ ввести астрономическій способъ счисленія времени въ 24 часа и начать счетъ съ полдня, а не съ полночи. Результатъ обсужденія былъ тотъ, что одна нація за другою ввели, такъ называемое, поясное время. Его можно считать промежуточной стадіей для перехода отъ мѣстнаго времени ко всемірному, такъ какъ вмѣсто безконечнаго множества прежнихъ временъ были сохранены только 24, которыя распредѣлены вокругъ земного шара по поясамъ равной величины. Каждое изъ этихъ временъ отличается отъ другого только на извѣстное число часовъ; минуты и секунды точно совпадаютъ для всѣхъ поясныхъ временъ, и соотвѣтствуютъ гринвичскому меридіану. Цѣлые часы этого времени выбираются такъ, что они для данной страны составляютъ по возможности не-

значительныя разницы съ различными мѣстными временами этой страны. Въ Германіи поясное время введено въ гражданскую жизнь, по рѣшенію рейхстага 22 февраля1893 г., съ 1 апрѣля этого же года подъ именемъ среднеевропейскаго времени [С.-Е.-В.]. Оно опережаетъ гринвичское мѣстное время какъ разъ на одинъ часъ. То же время, кромѣ того, принято для нормы въ Швеціи и Норвегіи, въ Австро-Венгріи и Италіи. Почти всѣ цивилизованныя страны присоединились къ этой системѣ времени. Въ самомъ дѣлѣ, поясное время, удовлетворяетъ потребности объединенія: такъ какъ минуты и секунды всѣхъ часовъ міра должны совпадать, то можно сказать, что весь великій концертъ міровыхъ событій руко-



Обсерваторія въ Гринвичѣ, по фотографіи.

водится тѣмъ равномѣрнымъ тактомъ, который отсчитываютъ качанія маятника нормальныхъ часовъ Гринвичской обсерваторіи. Если же часовое показаніе и различно въ различныхъ странахъ, то это не имѣетъ большого значенія. Ошибка въ цѣлыхъ часахъ, которая возможна при этой системѣ, грозитъ меньшей путаницей въ международныхъ сношеніяхъ, чѣмъ ошибка въ минутахъ, такъ какъ грубыя ошибки бросаются въ глаза сами собою.

Меридіанъ, лежащій на одинъ часъ къ востоку отъ Гринвича, проходитъ чрезъ средину Германіи, почти какъ разъ чрезъ Штаргардъ, такъ что для этого города не нужно было мѣнять времени 1 апрѣля 1893 г. Но въ Берлинѣ пришлось переставить всѣ часы впередъ на 6 минутъ 25 секундъ, чтобы они показывали ср.-евр.-вр. Въ Аахенѣ, на западной границѣ Германіи, большую часовую стрѣлку пришлось поставить впередъ на 32 минуты 56 секундъ, въ Кёнигсбергѣ — назадъ на 21 минуту 59 се-

кундъ. Вслѣдствіе того, что разногласіе между показаніемъ часовъ и истиннымъ временемъ еще увеличилось, значительно возрасло также неравенство дополуденнаго и послѣполуденнаго времени: напр., 11 февраля, когда уравненіе времени имѣетъ наибольшую положительную величину, въ Аахенѣ солнце достигаетъ высшаго положенія въ то время, когда часы тамъ показываютъ 12 часовъ 48 минутъ; поэтому дополуденное время становится короче на 48 минутъ, чѣмъ должно быть, а послѣполуденное время на столько же длиннѣе. Обратное явленіе происходитъ въ ноябрѣ въ Кёнигсбергѣ: тамъ въ истинный полдень часы показываютъ 11 часовъ 22 минуты. Между солнечнымъ восходомъ и полднемъ по ср.-евр.-вр. проходитъ $5^1/_2$ часовъ, тогда какъ отъ полдня до солнечнаго заката проходитъ только $4^1/_4$ часа.

Здѣсь мы отступили еще дальше отъ естественнаго дѣленія времени, указываемаго непосредственно движеніями солнца. Въ самомъ началѣ дѣлили день отъ восхода до заката солнца на двѣнадцать частей, такъ что шестой часъ всегда обозначалъ полдень. Тогда, очевидно, не замѣчали разницы въ длинѣ дня въ различное время года. Это было вполнѣ возможно въ тѣхъ странахъ, гдѣ жили первые культурные народы, такъ какъ тамъ разница не такъ значительна, какъ въ нашихъ болѣе высокихъ широтахъ. Въ Александріи, напр., самый короткій день равенъ приблизительно 10 часамъ, а самый длинный 14 часамъ. Въ одномъ случаѣ, слѣдовательно, древній часъ имѣлъ 50 нашихъ минутъ, въ другомъ 70. Хотя это неравенство и было впослѣдствіи замѣчено, — о немъ должны были свидѣтельствовать солнечные часы, на которыхъ тѣнь проходила различные пути въ различныя времена года, — однако, изъ за него не возникало затрудненій въ гражданской жизни, такъ какъ въ общественныхъ дѣлахъ руководились звуковыми сигналами, колоколами, барабанами и трубами. Въ церковной и въ военной службѣ эти обычаи удержались до сихъ поръ. Показаніями солнечныхъ часовъ продолжали руководиться и тогда, когда въ отдѣльныхъ странахъ начали уже дѣлить промежутокъ времени отъ одного до другого полдня на 2×12 часовъ, т. е. перестали считать день отъ солнечнаго восхода. При этомъ неравенство часовъ зависѣло только отъ уравненія времени, которое все еще оставалось незамѣтнымъ въ общественной жизни. Но вскорѣ былъ сдѣланъ шагъ впередъ: стали церковными колоколами возвѣщать начало каждаго новаго часа, на востокѣ еще и теперь держится обычай выкрикивать часы съ башенъ. Сначала было предоставлено на усмотрѣніе церковнаго сторожа наблюдать надъ солнечными часами и оповѣщать городъ колоколомъ о наступленіи новаго часа. Затѣмъ въ началѣ двѣнадцатаго столѣтія были устроены первыя механическія приспособленія съ боемъ, которыя первоначально имѣли только цѣлью облегчить службу сторожа, но вовсе не могли служить измѣрителями времени даже примитивнаго характера. Они ставились, когда то требовалось, по показаніямъ солнечныхъ часовъ.

Только когда часовые механизмы стали все болѣе и болѣе совершенствоваться, особенно, когда въ цѣляхъ мореплаванія начали устраивать часы малыхъ размѣровъ, а, въ концѣ концовъ, даже карманные, тогда неравенства истиннаго солнечнаго времени стали замѣчаться даже въ общественной жизни, въ которой имъ руководились до сихъ поръ. Стало ясно, что искусственные часы идутъ равномѣрнѣе, чѣмъ совершается видимое движеніе солнца. Поэтому часовыхъ дѣлъ мастера въ интересахъ доброй славы своихъ издѣлій ранѣе всѣхъ стали заботиться о введеніи равномѣрнаго дѣленія времени. Женева, уже тогда славившаяся изготовленіемъ хорошихъ часовъ, была первымъ городомъ, гдѣ введено было среднее время; это было сдѣлано въ 1798 году. Въ Парижѣ оно было принято только въ 1816 г.

Тѣмъ временемъ совершенствовалось и оффиціальное времясчисленіе, по мѣрѣ того, какъ шло впередъ объединеніе общей культурной работы человѣчества. Цѣнность времени повысилась; башенные часы, стали снабжать механизмами для отбиванія четвертей часа. Количество общественныхъ часовъ увеличилось, и они были подвергнуты правильному контролю обсерваторій. Солнечные часы, поставленные на многихъ церковныхъ башняхъ, изъ всеобщаго регулятора человѣческой жизни, превратились въ простыя реликвіи добраго стараго времени. Подъ вліяніемъ интенсивнаго развитія общей жизни человѣчества, минуты пріобрѣли, въ концѣ-концовъ, такую цѣнность, какой не имѣли ранѣе часы. Можно сказать, что изобрѣтеніе телеграфа пришлось весьма кстати къ изобрѣтенію желѣзныхъ дорогъ: онъ далъ возможность получать большое число часовъ, показывающихъ одинаковое время. Были изобрѣтены электрическіе часовые циферблаты, которые приводятся въ дѣйствіе отъ одного и того же центральнаго учрежденія и могутъ передавать по всему городу показанія лучшихъ астрономическихъ часовъ съ точностью до долей секунды. Такой тончайшей системы передачи времени прежде всѣхъ городовъ воспользовалась опять-таки Женева, которой мы обязаны наиболѣе совершенными часами.

Для жизни большихъ столичныхъ городовъ не требуется столь большой точности, да она и неудобна въ виду необычайной чувствительности необходимыхъ приспособленій. Въ этомъ случаѣ довольствуются обыкновенно точностью въ полминуты. Въ Парижѣ примѣняется пневматическій принципъ, для одновременнаго регулированія хода всѣхъ общественныхъ часовъ. Разрѣженіе воздуха въ системѣ трубокъ производитъ контактъ, которымъ въ опредѣленные часовые промежутки всѣ часы устанавливаются правильно. Прекрасной системой оказалась установка часовъ Общества Ураніи въ Берлинѣ, въ которой остроумно примѣнено какъ электричество, такъ и воздушное давленіе.

При достигнутой нынѣ точности часовъ мы ближе, чѣмъ когда либо, подошли къ среднему движенію солнца, но вмѣстѣ съ тѣмъ мы совершенно отдѣлались отъ непосредственныхъ показаній его движенія, которыя мѣняются для каждаго времени года, для каждаго дня и для каждаго мѣста земли, и которыя къ тому же можно непосредственно имѣть только въ весьма неопредѣленные промежутки времени, благодаря непостоянной погодѣ въ нашемъ поясѣ. Ходъ развитія времясчисленія не оставляетъ никакого сомнѣнія въ томъ, что въ недалекомъ будущемъ двадцать четыре поясныхъ времени, которыя теперь постепенно замѣняютъ безконечное множество мѣстныхъ времясчисленій, съ своей стороны смѣнятся единымъ всемірнымъ временемъ.

Кромѣ движенія солнца по долготѣ, т. е., его прямого восхожденія, которое мы до сихъ поръ имѣли въ виду, и которое лежитъ въ основаніи различныхъ системъ времясчисленія, солнце имѣетъ еще движеніе по экваторіальной широтѣ, т. е. по склоненію. Отъ этого движенія зависятъ времена года и дѣленіе земли на поясы. Только дважды въ годъ, въ началѣ весны и осени, солнце находится какъ разъ на небесномъ экваторѣ. Такъ какъ этотъ послѣдній, какъ мы знаемъ, дѣлится горизонтомъ каждаго мѣста наблюденія, за единственнымъ исключеніемъ обоихъ земныхъ полюсовъ, на двѣ равныхъ половины, то солнце, находясь на экваторѣ, для каждаго мѣста на землѣ остается столько же времени ниже горизонта, сколько и надъ горизонтомъ. Его дневная дуга, какъ и ночная, равна 12 часамъ: тогда на всей землѣ день равенъ ночи. Пройдя точку весенняго равноденствія, солнце поднимается все выше и выше надъ экваторомъ. Его склоненіе сначала увеличивается быстро, затѣмъ все медленнѣе. Наконецъ, его разстояніе отъ экватора чрезъ четверть года достигаетъ почти $23^1/_2$ градусовъ. Достигнувъ этой максимальной высоты, — этотъ

моментъ мы отличаемъ въ нашихъ календаряхъ, какъ начало лѣта — солнце для поверхностнаго наблюденія какъ бы останавливается на нѣкоторое время; поэтому говорятъ, что наступило лѣтнее солнцестояніе. Затѣмъ склоненіе солнца начинаетъ убывать такимъ же образомъ, какъ раньше прибывало. Солнце проходитъ чрезъ точку осенняго равноденствія, переходитъ въ южное полушаріе неба и въ началѣ зимы достигаетъ наконецъ зимняго солнцестоянія или зимняго „солнцеворота“. Въ этотъ моментъ склоненіе солнца достигаетъ такой же величины, какъ въ началѣ лѣта, только теперь оно южное, а тогда было сѣверное. Обозначая на небесномъ глобусѣ истинныя положенія солнца во время его годичнаго хода, мы найдемъ, что оно описываетъ правильный большой кругъ, центръ котораго совпадаетъ съ центромъ глобуса, и что этотъ большой кругъ, называемый эклиптикой, наклоненъ къ небесному экватору приблизительно на $23^1/_2$ градуса. Это движеніе солнца повторяется ежегодно вполнѣ одинаково и наблюдается согласно во всѣхъ мѣстахъ земли.

Однако, вслѣдствіе движенія солнца по кругу склоненія, на различныхъ мѣстахъ земной поверхности происходятъ совершенно различныя явленія, которыми намъ надо заняться подробнѣе. Обратимся сначала къ экватору. Мы уже знаемъ, что здѣсь всѣ звѣзды, вслѣдствіе суточнаго движенія, описываютъ равныя дневныя и ночныя дуги. Какое бы положеніе между небеснымъ экваторомъ и полюсомъ ни заняло солнце въ своемъ годичномъ движеніи, его дневная и ночная дуги всегда будутъ одинаковой величины, т. е. подъ экваторомъ солнце круглый годъ восходитъ въ 6 часовъ утра по истинному мѣстному времени и заходитъ въ 6 часовъ вечера. Измѣненія его склоненія не имѣютъ вліянія на продолжительность дня, которая всегда остается одинаковой, (см. нижній рис. на стр. 455). Солнечное излученіе въ экваторіальныхъ странахъ не измѣняется въ различныя времена года, какія мы отличаемъ въ нашихъ широтахъ; другими словами, подъ экваторомъ нѣтъ раздѣленія на времена года. Работа, какую солнечный свѣтъ совершаетъ въ царствѣ органической жизни, особенно его участіе въ томъ таинственномъ химическомъ процессѣ, который выполняется хлорофиломъ растеній, можетъ идти здѣсь одинаково во всякое время. Зеленые, густые лѣса покрываютъ области тропическихъ странъ всюду, гдѣ только нѣтъ недостатка въ необходимой водѣ. Метеорологическіе процессы, которые стоятъ въ зависимости отъ измѣненій въ положеніи солнца, проявляются на экваторѣ довольно однообразно. Если наступленіе дождливаго времени разсматривать, какъ послѣдніе слѣды нашей смѣны временъ года, то всетаки главной причиной этого явленія надо считать встрѣчу двухъ воздушныхъ теченій, идущихъ съ той и другой стороны экватора. Эти теченія выравниваютъ въ экваторіальной области разницу солнечнаго нагрѣванія, которую поперемѣнно испытываютъ то тò, то другое полушаріе. Впрочемъ самое солнечное излученіе здѣсь также не остается вполнѣ равномѣрнымъ. Только когда солнце находится на небесномъ экваторѣ, оно проходитъ черезъ зенитъ земного экватора: поэтому тамъ въ полдень во время весенняго и осенняго равноденствія предметы не отбрасываютъ тѣни. Въ это время солнечное излученіе на экваторѣ достигаетъ наибольшей напряженности. Оно ослабляется, когда солнце отступаетъ къ сѣверу или къ югу отъ экватора, т. е. когда направленіе его лучей становится все болѣе косвеннымъ. Во время обоихъ солнцестояній излученіе солнца на экваторѣ наименьшее. Можно сказать, что экваторіальные жители въ теченіе года имѣютъ два лѣта, совпадающихъ съ нашей весной и осенью, и двѣ одинаковыхъ весны, соотвѣтствующихъ нашему лѣту и зимѣ. Но эта разница въ излученіи, зависящая отъ измѣненія положенія солнца, очень невелика. По извѣстному физическому

закону степень дѣйствія лучистой энергіи пропорціональна косинусу угла паденія лучей. Въ данномъ случаѣ, между равноденствіемъ и солнцестояніемъ, мы получаемъ отношеніе 1 : 0,917.

Оставляя въ сторонѣ атмосферную рефракцію, благодаря которой солнце кажется намъ выше горизонта, тогда какъ геометрически оно находится ниже его, — день подъ экваторомъ вслѣдствіе рефракціи длиннѣе ночи, — мы найдемъ, что на экваторѣ число часовъ, въ теченіе которыхъ солнце свѣтитъ, должно быть равно числу часовъ, когда солнца не видно. Однако, для гражданской жизни мы должны еще принять въ разсчетъ сумерки, которыя нѣсколько удлиняютъ день насчетъ ночи. Сумерки представляютъ также результатъ рефракціи лучей солнца въ нашей атмосферѣ. Практически найдено, что солнце можетъ освѣщать разсѣяннымъ свѣтомъ частички воздуха надъ мѣстомъ наблюденія, когда оно стоитъ меньше, чѣмъ на 18 градусовъ ниже горизонта. Подъ экваторомъ эту область, считая отъ истиннаго горизонта до высоты въ 18 градусовъ ниже горизонта, солнце проходитъ всего быстрѣе потому, что его суточный кругъ при всякомъ положеніи солнца на небѣ остается всегда перпендикулярнымъ къ горизонту. Изъ $365 \times 24 = 8760$ часовъ въ году половина, т. е. 4380 часовъ, приходится на день, 852 часа на сумерки и только 3528 часовъ падаютъ собственно на ночь. При этомъ разсчетѣ опять не принято во вниманіе удлиненіе дня отъ рефракціи; если принять во вниманіе и его, то отношенія окажутся слѣдующими:

	Солнечный свѣтъ въ теченіе 1 г.	Время рефракціи	Астрономич. сумерки	Полная ночь
На сѣв. пол.	186д 11ч	3д 22ч	94д 16ч	84д 3ч
На 40° широты.	183 8	1 14	49 2	132 20
На экваторѣ	182 15	1 5	36 1	146 14

Если мы будемъ подвигаться отъ экватора на сѣверъ или на югъ, то вначалѣ только что описанныя отношенія измѣняются очень мало. Круги, которые солнце и всѣ остальныя свѣтила описываютъ вслѣдствіе суточнаго движенія земли, хотя все болѣе и болѣе наклоняются къ горизонту, но солнце для всѣхъ земныхъ областей, лежащихъ отъ экватора по обѣ стороны до $23^1/_2$ градуса, разъ въ годъ бываетъ въ зенитѣ мѣста наблюденія и посылаетъ обитателямъ ту же максимальную жару, какая бываетъ подъ экваторомъ дважды въ годъ. Поэтому поясъ между $23^1/_2$ градуса сѣверной и южной широты назвали жаркимъ поясомъ. Параллельные круги, которые его ограничиваютъ на томъ и на другомъ полушаріи земли, называютъ тропиками, — тропикомъ Рака на сѣверномъ, и тропикомъ Козерога на южномъ полушаріи. Названія эти произошли отъ знаковъ зодіака, въ которыхъ солнце находится какъ разъ въ то время, когда оно проходитъ надъ зенитомъ этихъ крайнихъ тропическихъ областей. По мѣрѣ того, какъ положеніе суточной дуги становится все наклоннѣе, измѣняется и продолжительность дня, смотря по положенію солнца. Если мы находимся на сѣверной границѣ жаркаго пояса, подъ тропикомъ Рака, то мы имѣемъ самый длинный день, какъ всюду на землѣ, во время наивысшаго положенія солнца въ полдень, т. е. во время лѣтняго солнцестоянія. Тогда солнце, находящееся на такомъ же разстояніи къ сѣверу отъ небеснаго экватора, какъ мѣсто наблюденія отъ земного экватора, проходитъ какъ разъ въ зенитѣ. Вслѣдствіе того, что суточная дуга наклонена къ горизонту на $23^1/_2$ градуса, она въ это время пересѣкаетъ горизонтъ къ сѣверу надъ восточной и западной точками. Поэтому длина дня больше 12 часовъ, именно равна 13 часамъ 27 минутамъ. Какъ только солнце въ своемъ годичномъ пути повернетъ къ югу, длина дневныхъ дугъ начинаетъ все уменьшаться и достигаетъ минимума, когда солнце находится въ зимнемъ

солнцестояніи; тогда, очевидно, въ полдень оно удалено на $2 \times 23^1/_2 = 47$ градусовъ отъ зенита любого мѣста, находящагося подъ тропикомъ Рака. Наименьшая меридіанальная высота солнца равна, слѣдовательно, 90—47=43 градусамъ, а длина дня равна тогда 10 часамъ 33 минутамъ.

Всѣ эти отношенія суточнаго движенія можно подвести подъ очень простую тригонометрическую формулу, выводить которой мы здѣсь не будемъ. Видъ ея таковъ: $\cos t = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$, гдѣ t означаетъ половину искомой дневной дуги, φ — географическую широту мѣста наблюденія и δ — склоненіе свѣтила, въ данномъ случаѣ—солнца. Примѣняя эту формулу къ экватору, для котораго $\varphi = 0$, мы увидимъ, что дневная дуга совершенно не зависитъ отъ склоненія солнца, такъ какъ $\cos t$ всегда равенъ 0, слѣдовательно, $t = 90$ градусамъ или 6 часамъ. Если же $\delta = 0$, т. е. солнце находится на небесномъ экваторѣ, то для каждой географической широты, т. е. для всей земли, $\cos t = 0$; тогда день равенъ ночи. Для широты въ $23^1/_2$ градуса и такого же сѣвернаго склоненія половина дневной дуги равна 100,9 градусамъ или 6 часамъ 43,6 минутамъ, для южнаго склоненія въ $23^1/_2$ градуса половина дневной дуги равна 79,1 градусамъ или 5 часамъ 16,4 минутамъ. По истинному солнечному времени солнце въ началѣ лѣта восходитъ подъ тропикомъ Рака въ 5 часовъ 16,4 минуты утра и заходитъ въ 6 часовъ 43,6 минутъ вечера; въ началѣ же зимы оно восходитъ въ 6 часовъ 43,6 минуты утра и заходитъ въ 5 часовъ 16,4 минутъ вечера. (Все время рефракція не принимается во вниманіе, такъ какъ насъ здѣсь интересуютъ только чисто геометрическія отношенія). Мы видимъ, что здѣсь разница между лѣтомъ и зимою не больше, чѣмъ колебанія времени восхода и заката солнца въ нашихъ широтахъ въ періодъ отъ конца февраля до средины апрѣля. Если мы перейдемъ на южную границу жаркаго пояса, подъ тропикъ Козерога, то тамъ мы найдемъ обратныя отношенія. Высшее положеніе солнца бываетъ во время наибольшаго южнаго склоненія, т. е. при зимнемъ солнцестояніи сѣвернаго полушарія, которое совпадаетъ съ лѣтнимъ солнцестояніемъ южнаго полушарія.

Отъ тропиковъ къ полюсамъ длина дня въ различныя времена года все болѣе мѣняется. Въ этихъ областяхъ солнце никогда не появляется въ зенитѣ мѣста наблюденія; напротивъ, на нѣкоторой параллели во время наибольшаго отклоненія отъ небеснаго экватора оно можетъ имѣть полуденную высоту, равную 0 градусамъ, т. е. въ этотъ день оно не поднимается надъ горизонтомъ. Легко найти, подъ какой широтой это должно происходить одинъ разъ въ годъ. Когда солнце при наименьшемъ его склоненіи находится въ полдень на горизонтѣ, тогда точка пересѣченія небеснаго экватора съ меридіаномъ мѣста наблюденія будетъ находиться на $23^1/_2$ градуса выше горизонта, а полюсъ — по другую сторону на $90^0 - 23^1/_2{}^0 = 66^1/_2{}^0$. Слѣдовательно, подъ географической широтой въ $66^1/_2$ градусовъ солнце въ день соотвѣтственнаго солнцестоянія не поднимается совсѣмъ надъ горизонтомъ: на сѣверномъ полушаріи это бываетъ во время зимняго солнцестоянія, на южномъ—черезъ полгода послѣ этого.

Крайнія параллели, на которыхъ наблюдается это явленіе, называются **полярными кругами**. Область между тропикомъ и полярнымъ кругомъ на каждомъ полушаріи называется умѣреннымъ поясомъ. Въ этомъ поясѣ день и ночь правильно смѣняются между крайними предѣлами 24-часовой ночи и 24-часового дня, которые бываютъ разъ въ годъ. Въ этомъ поясѣ солнце на нашемъ полушаріи кульминируетъ всегда на югѣ, на другомъ полушаріи всегда на сѣверѣ. По мѣрѣ того, какъ увеличивается наклоненіе суточной дуги къ горизонту, переходное время сумерекъ все удлинняется. На широтѣ $66^1/_2{}^0 - 18 = 48^1/_2{}^0$ сумерки могутъ длиться цѣлую ночь, такъ какъ здѣсь во время лѣтняго солнцестоянія солнце въ полночь опускается ниже горизонта менѣе, чѣмъ на 18 градусовъ. Коли-

чество свѣтлыхъ лѣтнихъ ночей увеличивается съ увеличеніемъ географической широты. Въ Берлинѣ онѣ продолжаются отъ 17 мая до 25 іюля. Въ Петербургѣ же свѣтлыя ночи занимаютъ большую часть лѣта, отъ 21 апрѣля до 21 августа; въ такія ночи можно читать обыкновенную печать свободно безъ искусственнаго освѣщенія. Вслѣдствіе того, что отъ тропиковъ къ полярнымъ кругамъ неравенство длины дня все возрастаетъ, рѣзче становятся и контрасты временъ года. Изъ прилагаемой небольшой таблицы можно видѣть, сколько часовъ въ различныя времена года солнце находится надъ горизонтомъ въ соотвѣтственныхъ широтахъ (рефракція опять не принята во вниманіе).

Продолжительность излученія солнца по временамъ года.

Числа	22 дек. до 20 марта	21 марта до 21 іюня	22 іюня до 23 сен.	24 сен. до 21 дек.
Колич. дней	89	93	94	89
$\varphi = 0{,}00$	1068 часовъ	1116 часовъ	1128 часовъ	1068 часовъ
$\varphi = 23{,}45$	989	1186	1211	988
$\varphi = 66{,}55$	559	1663	1667	551
$\varphi = 90{,}00$	0	2232	2256	0

Мы видѣли, что подъ тропиками число часовъ, въ теченіе которыхъ солнце изливаетъ на данное пространство тепло и свѣтъ, въ различныя времена года колеблется настолько мало, что эти колебанія не могутъ оказать замѣтнаго вліянія на органическую жизнь. Но ближе къ полюсамъ эти различія становятся настолько рѣзкими, что многія растенія, даже въ теченіе теплаго времени года, не получаютъ отъ солнца достаточнаго количества энергіи, нужнаго для ихъ созрѣванія. Лиственныя растенія теряютъ возможность сохранять вѣчнозеленую листву. Смѣна временъ года сказывается все рѣзче на всемъ характерѣ природы, и, наконецъ мы достигаемъ такихъ областей, гдѣ въ зимнее время количество теплоты уже не достаточно, чтобы поддерживать растительную жизнь. Дневная температура опускается ниже нуля, атмосферные осадки замерзаютъ, и ледяной покровъ, который ложится на поверхность земли ночью и въ дни, лишенные солнца, не можетъ растаять въ тѣ немногіе часы, когда на него падаютъ косвенные лучи зимняго солнца. Только лѣтомъ, когда солнце выше и выше поднимается надъ экваторомъ, и дни все удлиняются, оно можетъ и въ большихъ широтахъ, при косвенно падающихъ лучахъ доставить за день на земную поверхность не меньшую, а даже бóльшую сумму тепла и свѣта, чѣмъ подъ экваторомъ. Поэтому жаръ солнечнаго дня въ странахъ полярныхъ круговъ не уступаетъ при благопріятныхъ условіяхъ жарѣ экваторіальной. Конечно, такихъ хорошихъ дней становится все меньше по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ.

Если отъ полярныхъ круговъ мы будемъ двигаться еще дальше къ полюсамъ, то замѣтимъ что во время лѣтняго солнцестоянія солнце не опускается ниже горизонта въ теченіе дней, недѣль и, наконецъ, мѣсяцевъ; въ періодъ же зимняго солнцестоянія стоитъ столь же длинная непрерывная ночь. На самыхъ земныхъ полюсахъ нѣтъ уже разницы между днемъ и годомъ. Свѣтлая половина дня тамъ равна 6 мѣсяцамъ, и столь же долго продолжается ночь; правда, между ними лежатъ очень долгія сумерки, которыя тамъ длинѣе самой ночи и тянутся 94—95 сутокъ. Геометрическая причина этой однократной смѣны дня подъ полюсами непосредственно ясна изъ предыдущаго. Мы знаемъ, что здѣсь небесный экваторъ совпадаетъ съ горизонтомъ, и неподвижныя звѣзды не восходятъ и не заходятъ. Суточное движеніе земли въ этихъ точкахъ не оказываетъ вліянія на смѣну дня и ночи, и только годичное видимое движеніе солнца можетъ произвести эту смѣну. Пока солнце находится на противополож-

номъ небесномъ полушаріи между крайними склоненіями въ $23^1/_2$ градуса и въ 18 градусовъ, то до полюса не можетъ достигнуть отъ него даже мерцаніе, разсѣянное въ атмосферѣ. Въ предѣлахъ этихъ склоненій солнце находится для сѣвернаго полушарія почти отъ 10 ноября до конца января, и въ теченіе 84 среднихъ солнечныхъ дней стоитъ абсолютно темная ночь. Затѣмъ начинаются первыя сумерки, которыя продолжаются до весенняго равноденствія 21 марта. Въ этотъ день солнце вступаетъ на экваторъ и, послѣ полугодового отсутствія, впервые восходитъ надъ горизонтомъ полюса. Обращаясь вокругъ полюса по медленно восходящей винтовой линіи, оно непрерывно держится надъ горизонтомъ до осенняго равноденствія. Теперь работа его не прерывается ночами, и оно можетъ непрерывнымъ излученіемъ возмѣстить часть тѣхъ опустошеній, какія были произведены въ долгія полярныя ночи безпрепятственно проникавшимъ сюда холодомъ мірового пространства. Всѣ смѣльчаки, попадавшіе въ негостепріимныя страны крайняго сѣвера, съ восхищеніемъ описываютъ удивительное богатство растительности и великолѣпіе альпійской флоры, которую, какъ волшебствомъ, могутъ вызвать съ невѣроятною быстротою живительные лучи длиннаго солнечнаго дня, какъ только исчезнетъ мертвый ледяной покровъ. На склонахъ скалъ, съ которыхъ вода, всюду въ это время скопляющаяся въ изобиліи отъ таянія льдовъ, быстро исчезаетъ, нѣжные зародыши и пышные цвѣты, даже не успѣвъ развиться, скоро засыхаютъ подъ вліяніемъ непрерывнаго дѣйствія солнечныхъ лучей. Конечно, нѣсколько недѣль этого счастливаго времени не могутъ вызвать къ жизни иной растительности, кромѣ злаковъ и травянистыхъ растеній. Граница деревьевъ не простирается далеко за предѣлы сѣвернаго полярнаго круга. Только иногда встрѣчаются здѣсь жалкіе кустики березъ и карликовой ивы.

Географическія точки полюсовъ еще не были достигнуты людьми, а къ южному полюсу рѣдко подходили дальше полярнаго круга. Непроницаемый ледяной покровъ простирается тамъ значительно дальше, чѣмъ въ областяхъ сѣвернаго полюса, къ которому въ 1895 г. норвежецъ Нансенъ приблизился до $86^0 14'$ широты *). При прежнихъ путешествіяхъ заходили немного дальше 83 градуса. Возьмемъ этотъ градусъ широты, соприкасающійся на сѣверѣ съ негостепріимною землею Франца Іосифа, и разсмотримъ, какія явленія представляетъ тамъ движеніе солнца. Такъ какъ небесный экваторъ наклоненъ тамъ къ горизонту всего на 7 градусовъ, то послѣ долгой полярной ночи солнце въ первый разъ появляется въ полдень на горизонтѣ, когда оно достигнетъ южнаго склоненія въ 7 градусовъ. Это бываетъ 2 марта. Къ началу весны (21 марта) свѣтлая часть сутокъ, какъ всюду на землѣ, равна уже 12 часамъ. Слѣдовательно, въ короткій періодъ, равный 19×24 часовъ, свѣтлый день удлиняется отъ 0 до 12 часовъ, а 7 апрѣля, когда солнце достигнетъ сѣвернаго склоненія въ 7 градусовъ, наступаетъ моментъ, начиная съ котораго, солнце уже не опускается ниже горизонта, такъ какъ при высотѣ полюса въ 83 градуса сѣверная точка горизонта будетъ имѣть склоненіе въ $90—83=7^0$. Дневное свѣтило касается тогда въ полночь сѣверной части горизонта, и мы можемъ наслаждаться своеобразнымъ зрѣлищемъ полуночнаго солнца (см. прилагаемый рисунокъ). Какъ извѣстно, это зрѣлище можно наблюдать въ извѣстное время года въ скандинавскихъ областяхъ, лежащихъ къ сѣверу отъ полярнаго круга. Волшебное великолѣпіе тоновъ, вызываемое солнцемъ, когда оно медленно движется вдоль горизонта надъ ледяными полями и надъ широкою морскою поверхностью, не разъ было предметомъ восторженныхъ описаній. Подъ 83 градусомъ широты день продолжается непре-

*) Можно надѣяться, что недавно построенный ледоколъ „Ермакъ" первый достигнетъ сѣвернаго полюса земли. *С. Глазенапъ.*



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ПОЛУНОЧНОЕ СОЛНЦЕ ВЪ ПОЛЯРНОМЪ МОРѢ.

(По акварели Pechuel-Loesche.)

рывно отъ 7 апрѣля до 4 сентября, и только съ этого послѣдняго дня солнце начинаетъ въ полночь опускаться на короткое время ниже горизонта. Во время осенняго равноденствія, 23 сентября, мы имѣемъ опять 12-часовый день, но уже 11 октября полярные изслѣдователи, которымъ удается проникнуть сюда, видятъ солнце въ послѣдній разъ на нѣсколько мгновеній въ полдень. Затѣмъ наступаютъ непрерывныя сумерки, которыя длятся и за полночь, пока 21 октября солнце не достигнетъ южнаго склоненія въ 11 градусовъ, и не будетъ стоять въ полночь на $7+11=18^0$ ниже сѣверной точки горизонта. Только теперь въ полночь наступаетъ совершенная темнота, которая постепенно распространяется и на день; но внимательный наблюдатель и здѣсь можетъ подмѣтить дневной періодъ, такъ какъ даже при самомъ южномъ положеніи солнца, оно въ полдень проходитъ ниже горизонта менѣе чѣмъ на 18^0 ($23^1/_2—7=16^1/_2{}^0$), и наступленіе полдня можно замѣтить по слабому сумеречному мерцанію на югѣ. Только подъ географической широтой въ $90^0—(23{,}5^0—18^0)=84{,}5^0$ наступаетъ совершенная безсумеречная ночь. Ее видѣли до сихъ поръ только Нансенъ и его спутники.

Мы уже раньше замѣтили, что движеніе солнца по небу, которое вызываетъ описаную смѣну дня и временъ года, совершается по большому кругу, извѣстному подъ именемъ эклиптики. Измѣнчивая величина уравненія времени показываетъ, что движеніе солнца по этому кругу совершается съ неравномѣрною скоростью. Эти неравенства могутъ происходить отъ того, что солнце, кромѣ поступательнаго движенія по кругу прямого восхожденія, совершаетъ еще таковое же движеніе и по кругу склоненія. Равные отрѣзки по эклиптикѣ соотвѣтствуютъ на экваторѣ неравнымъ отрѣзкамъ прямого восхожденія. Во время равноденствій прямое восхожденіе солнца должно прибывать медленнѣе, чѣмъ во время солнцестояній, даже если бы солнце двигалось по эклиптикѣ съ постоянною скоростью. Но этими чисто геометрическими условіями объясняется только часть тѣхъ неравенствъ, которыми обусловливается уравненіе времени. Оказывается, что солнце и по самой эклиптикѣ движется то скорѣе, то медленнѣе, при чемъ самое скорое движеніе оно имѣетъ въ началѣ нашего гражданскаго года, самое медленное черезъ полгода послѣ этого, т. е. въ началѣ іюля. Въ то же самое время измѣренія, произведенныя меридіаннымъ кругомъ, показываютъ, что поперечникъ солнца измѣняется въ тѣ же періоды, именно, въ январѣ онъ всего больше, въ іюлѣ — всего меньше: 1 января поперечникъ солнца равенъ 32′ 36″,4, а 1 іюля только 31′ 32″,0. Отсюда ясно, что въ январѣ мы ближе къ солнцу, чѣмъ въ іюлѣ. Поэтому говорятъ, солнце въ январѣ находится въ перигеѣ (наименшее разстояніе отъ земли), въ іюлѣ въ апогеѣ (наибольшее разстояніе отъ земли).

Вслѣдствіе измѣняющагося движенія солнца, и времена года имѣютъ неодинаковую продолжительность. Наибольшая близость солнца, а слѣдовательно, и наиболѣе быстрое движеніе дневного свѣтила, почти совпадаютъ съ нашимъ зимнимъ солнцестояніемъ. Поэтому для солнца нужно меньше времени, чтобы отъ осенняго равноденствія перейти къ весеннему, чѣмъ наоборотъ, — отъ весенняго къ осеннему, хотя въ обоихъ случаяхъ оно и описываетъ правильный полукругъ по небесной сферѣ. Въ настоящее время продолжительность астрономической весны въ нашемъ полушаріи равна 92,9 днямъ, продолжительность лѣта—93,6, осени—89,7 и зимы—89,1 днямъ. Лѣтнее полугодіе, слѣдовательно, равно 186,5 днямъ, зимнее же всего 178,8 днямъ; разница между обоими равна 7,7 днямъ. Такъ какъ въ теченіе зимняго полугодія на нашемъ полушаріи солнце къ намъ ближе, чѣмъ лѣтомъ, то въ это время его тепловое излученіе дѣйствуетъ на насъ собственно сильнѣе, чѣмъ лѣтомъ, и только вслѣдствіе наклоннаго паденія его лучей приростъ тепла совершенно остается незамѣтенъ.

Но, во всякомъ случаѣ, благодаря этому, а также благодаря меньшей продолжительности зимняго полугодія, суровость зимы на нашемъ полушаріи смягчается, тогда какъ на южномъ полушаріи происходитъ обратное. Апогей почти совпадаетъ тамъ съ зимнимъ солнцестояніемъ. Вслѣдствіе большаго разстоянія отъ солнца и бóльшей продолжительности зимы, послѣдняя тамъ суровѣе, чѣмъ у насъ. Въ этомъ, весьма вѣроятно, надо искать причину и того явленія, что области южнаго полюса обледенѣли на гораздо бóльшія пространства сравнительно съ областями сѣвернаго полушарія.

Но эти отношенія не постоянны. Оказывается, что направленіе линіи апсидъ, — такъ называется линія, соединяющая перигей и апогей, — ежегодно передвигается по эклиптикѣ на 61″,674, такъ что приблизительно черезъ 10400 лѣтъ, наступятъ отношенія какъ разъ обратныя нынѣшнимъ, т. е. тогда наше сѣверное полушаріе будетъ имѣть болѣе суровую и болѣе продолжительную зиму. Если, дѣйствительно, болѣе значительное обледенѣніе южнаго полюса есть результатъ указанныхъ условій, то черезъ 10000—11000 лѣтъ наше полушаріе постигнетъ такая же судьба. Въ настоящее время разница среднихъ годичныхъ температуръ въ нашихъ широтахъ и въ соотвѣтственныхъ южныхъ широтахъ болѣе 5 градусовъ Ц. По мнѣнію Пенка (Penck) такой разницы достаточно, чтобы объяснить явленіе ледниковыхъ періодовъ, которые въ извѣстные промежутки времени не разъ совершенно покрывали наши родныя страны гигантскими глетчерами. Какъ велики были промежутки между различными ледяными эпохами, нельзя опредѣлить геологическими изслѣдованіями, но періодъ въ 21000 лѣтъ, черезъ который, согласно сдѣланнымъ предположеніямъ, должны вновь повториться тѣ же астрономическія условія на данномъ полушаріи, нисколько не противорѣчатъ геологическимъ фактамъ. Однако, какъ показываютъ наши прежнія соображенія о колебаніяхъ высоты полюса, загадка ледниковыхъ періодовъ на самомъ дѣлѣ гораздо сложнѣе, и только что разсмотрѣнныя условія представляютъ только одинъ факторъ.

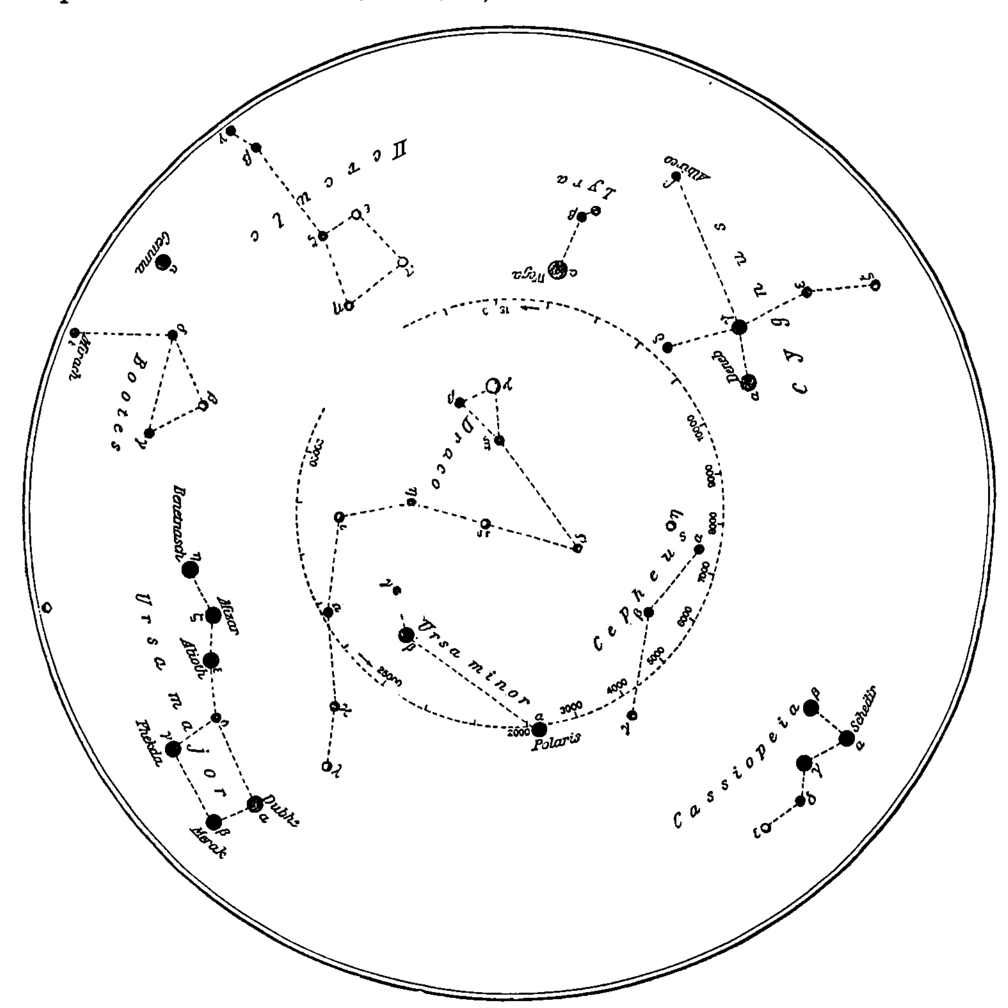
Наклоненіе эклиптики, т. е. наибольшее удаленіе солнца отъ небеснаго экватора, оказывается также не вполнѣ постояннымъ. При раздѣленіи земли на пояса мы приняли его равнымъ $23^1/_2$ градусамъ. Точная величина его въ началѣ нашего столѣтія (1800,0) равнялась 23° 27′ 54″,8, но ежегодно она уменьшается на 0″,47244. Изъ теоретическихъ соображеній слѣдуетъ, что уменьшеніе это не можетъ быть постояннымъ, но что послѣ извѣстнаго времени оно снова должно постепенно перейти въ возрастаніе. Колебанія наклоненія эклиптики совершаются въ ту и другую сторону въ предѣлахъ одного градуса. Какъ сильно сказывается вліяніе этой величины на смѣны временъ года, можно видѣть непосредственно изъ предыдущаго. Мы уже знаемъ, что отъ этой величины зависятъ на земномъ шарѣ границы между поясами, затѣмъ тропики и полярные круги, — всѣ они перемѣщаются съ измѣненіемъ наклоненія эклиптики. Если бы, напр., солнечная орбита совпадала съ экваторомъ, то не было бы вообще различія во временахъ года, потому что на всей землѣ день всегда былъ бы равенъ ночи. Среднее количество теплоты, получаемое ежедневно какимъ либо мѣстомъ земной поверхности, зависѣло бы только отъ географической широты, а не отъ годичнаго движенія солнца. Если бы, наоборотъ, эклиптика была наклонена къ экватору подъ угломъ въ 90 градусовъ, то отношенія между временами года представляли бы наибольшія крайности. Тогда солнце для каждаго мѣста земной поверхности разъ въ годъ проходило бы черезъ зенитъ и лѣтомъ вызывало бы тропическую жару. Затѣмъ, во всѣхъ широтахъ были бы длинныя полярныя ночи, въ теченіе которыхъ солнце не восходило бы совершенно, и столь же долгіе періоды, когда было бы видимо полуночное солнце. Итакъ, мы видимъ, что съ увеличеніемъ наклоненія эклиптики крайности временъ года должны

обостряться. Уже при описаніи взаимныхъ отношеній между временами года на Марсѣ, мы указали на это обстоятельство. Вмѣстѣ съ тѣмъ теперь легко понять, что мы можемъ сдѣлать опредѣленные выводы о соотвѣтственныхъ отношеніяхъ на другихъ свѣтилахъ, если только мы знаемъ, каково на нихъ наклоненіе экватора или эклиптики.

Какъ направленіе линіи апсидъ, такъ и положеніе равноденственныхъ точекъ, не остается постояннымъ относительно неподвижныхъ звѣздъ. Это видно изъ того, что прямыя восхожденія всѣхъ свѣтилъ, отсчитываемыя отъ точки весенняго равноденствія, равномѣрно увеличиваются, и это увеличеніе для звѣзды, находящейся въ небесномъ экваторѣ, равно по Бесселю ежегодно 50″,2113. Это явленіе назвали **прецессіей** или **предвареніемъ равноденствій**. Принимая въ разсчетъ его величину, не трудно понять, почему его открыли очень давно. Оно было еще извѣстно до александрійскихъ астрономовъ, но, насколько мы знаемъ, Гиппархъ первый пытался опредѣлить точнѣе его величину. Прецесссія измѣняетъ прямое восхожденіе звѣздъ неравномѣрно; она дѣйствуетъ такъ, что только эклиптическія долготы звѣзды повсюду на небѣ измѣняются одинаково, эклиптическія же широты вообще не измѣняются. Мы можемъ представить себѣ этотъ процессъ слѣдующимъ образомъ. Нанесемъ сначала, напримѣръ, на плоскость стола, кругъ, который долженъ изображать плоскость эклиптики. Надъ этимъ кругомъ помѣстимъ полушаріе въ видѣ небеснаго свода, а въ центрѣ полушарія поставимъ волчокъ, землю. Волчокъ не долженъ стоять вертикально, но его вращающійся дискъ долженъ быть наклоненъ къ плоскости стола на 23,5 градуса. Вращающійся волчокъ не сохранитъ своего первоначальнаго положенія. Если его ось сначала была наклонена вправо, то она поворачивается такъ, что скоро будетъ наклонена на такой же уголъ влѣво, но при этомъ вращеніи она сохраняетъ прежній уголъ съ плоскостью стола. Это колебаніе оси волчка относительно нѣкотораго средняго положенія, при чемъ ось описываетъ поверхность конуса, и соотвѣтствуетъ прецессіи земной оси.

Разсматривая вопросъ о колебаніяхъ высоты полюса, мы много говорили и о данномъ вопросѣ; при этомъ мы указывали, что явленія, стоящія въ связи съ прецессіей, совершенно иного рода, чѣмъ тѣ явленія, которыя вызываются колебаніями высоты полюса. Благодаря послѣднимъ, измѣняется положеніе даннаго мѣста на землѣ относительно полюса и экватора, а слѣдовательно, измѣняются, хотя и незамѣтно, его отношенія къ солнцу и границы климатическихъ поясовъ. Точка, вокругъ которой совершается видимое движеніе небеснаго свода, измѣняетъ вслѣдствіе колебаній высоты полюса свое положеніе относительно горизонта мѣста наблюденія. Прецессія же не измѣняетъ этой высоты. Благодаря ей, небесный сводъ совершаетъ только медленное видимое вращательное движеніе вокругъ точки, которая удалена отъ полюса на $23^1/_2$ градуса и можетъ быть названа полюсомъ эклиптики. Вслѣдствіе прецессіи земная ось постепенно указываетъ на другія звѣзды небеснаго свода; съ теченіемъ столѣтій иныя звѣзды становятся полярными звѣздами, которыя или вовсе не участвуютъ въ суточномъ движеніи, или участвуютъ весьма мало (см. рис., стр. 49). Напр., Вега, одна изъ самыхъ яркихъ звѣздъ нашего сѣвернаго полушарія, при настоящемъ положеніи полярной оси испытываетъ, вслѣдствіе суточнаго движенія, въ нашихъ широтахъ весьма большія колебанія высоты, такъ что иногда она касается сѣвернаго горизонта, иногда же почти проходитъ черезъ нашъ зенитъ. Но приблизительно черезъ 12000 лѣтъ она станетъ неподвижной полярной звѣздой, которая будетъ всегда оставаться на одной и той же высотѣ надъ горизонтомъ и служить блестящимъ небеснымъ маякомъ для мореплавателей точно также, какъ та звѣзда второй величины, которая теперь, со временъ древности, выполняетъ эту задачу.

Изъ приложенной ниже карты можно видѣть, на какія области неба будетъ постепенно указывать полярная ось. Полный оборотъ она совершитъ въ 360°:50″,2113=258,000 лѣтъ, если только какія нибудь неизвѣстныя вліянія не нарушатъ постояннаго характера прецессіи. Этотъ періодъ времени названъ **платоническимъ годомъ**. Всѣ движенія, которыя съ нимъ связаны, конечно, не имѣютъ вліянія на положеніе кли-

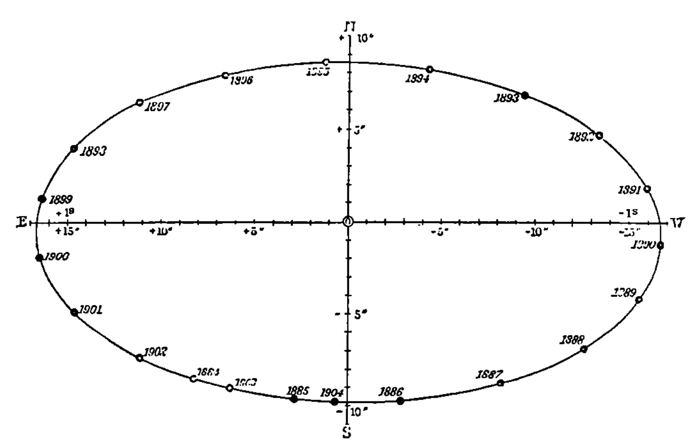


Движеніе небеснаго полюса вокругъ полюса эклиптики вслѣдствіе прецессі

матическихъ поясовъ, такъ какъ наклоненіе эклиптики, какъ и высота полюса, не измѣняются при этомъ. Прецессія вліяетъ на отношеніе между лѣтомъ и зимою только въ томъ смыслѣ, что отъ нея въ значительной степени зависитъ описанное раньше движеніе линіи апсидъ. Истинное движеніе апсидъ, т. е. отнесеппое къ постоянной точкѣ небеснаго свода. а не къ точкамъ равноденствій, очевидно равно всего 61″,574—50″,211=11″463 въ годъ. Такія истинныя движенія обыкновенно называютъ **сидерическими** или **звѣздными**, въ отличіе отъ **тропическихъ**; послѣднія относятъ къ нулевой точкѣ прямыхъ восхожденій, т. е. къ точкѣ весенняго равноденствія, которая перемѣщается вслѣдствіе прецессіи. Поэтому различаютъ также тропическій годъ отъ **звѣзднаго**. Длина тропическаго

года, которая лежитъ въ основаніи нашего счисленія времени, равна, какъ уже сказано выше, 365,242201 днямъ или 365 днямъ 5 часамъ 48 минутамъ 46,17 секундамъ. Звѣздный же годъ нѣсколько длиннѣе, такъ какъ точка равноденствія движется навстрѣчу годичному движенію солнца. Поэтому солнце, перейдя экваторъ, должно пройти еще нѣсколько дальше, чтобы вернуться къ той же звѣздѣ, какъ и въ началѣ года. Оно проходитъ эти 50″,2 движенія прецессіи въ 20 минутъ 23,2 секунды. Поэтому звѣздный годъ имѣетъ 365 дней 6 часовъ 9 минутъ 9,4 секунды.

Зависящее отъ прецессіи измѣненіе положенія звѣзднаго неба относительно горизонта даннаго мѣста наблюденія послужило поводомъ для нѣкоторыхъ интересныхъ историческихъ изслѣдованій. Можно было вычислить, за сколько лѣтъ до начала нашей эры возникли нѣкоторыя изображенія созвѣздій зодіака, а также цѣлыя постройки, напр. пирамиды.



Видимыя измѣненія мѣста звѣзды α Оріона вслѣдствіе нутаціи отъ 1 января 1884 до 1 января 1904 г. (помимо того ея мѣсто мѣняется еще только отъ прецессіи).

Созвѣздія, черезъ которыя проходитъ эклиптика, всегда выдѣляли особо и раздѣляли весь поясъ созвѣздій этого круга, такъ называемаго круга зодіака на двѣнадцать знаковъ. Эти знаки, изъ которыхъ каждый занимаетъ 30 градусовъ, совпадали съ опредѣленными созвѣздіями. Солнце въ періодъ отъ весенняго равноденствія до нашего лѣтняго солнцестоянія проходило тогда черезъ созвѣздія и знаки Овна, Тельца и Близнецовъ; затѣмъ до осенняго равноденствія черезъ созвѣздія Рака, Льва и Дѣвы; далѣе до начала зимы — черезъ созв. Вѣсовъ, Скорпіона, Стрѣльца, и наконецъ, до весенняго равноденствія черезъ созв. Козерога, Водолея и Рыбъ.

Благодаря календарю границы знаковъ зодіака на эклиптикѣ удержались, и съ глубокой древности говорятъ, что солнце стоитъ въ знакѣ Овна, когда его долгота лежитъ между 0 и 30 градусами; въ Тельцѣ, когда его долгота лежитъ между 30 градусами и 60, и т. д. Въ дѣйствительности же солнце въ настоящее время находится въ указанные періоды не въ соотвѣтственныхъ созвѣздіяхъ, но отстаетъ на одно созвѣздіе. Точка весенняго равноденствія лежитъ теперь въ созвѣздіи Рыбъ. Когда солнце по календарю переходитъ въ знакъ Тельца, оно находится еще въ созвѣздіи Овна и т. д. Нашъ календарь такимъ образомъ оказывается древнимъ документомъ, свидѣтельствующимъ о предвареніи равноденствій. Если на старыхъ рисункахъ знаковъ зодіака, въ которыхъ приведены созвѣздія этого круга, указаны вмѣстѣ съ тѣмъ и точки пересѣченія эклиптики съ экваторомъ, то возрастъ рисунковъ опредѣлить легко: стоитъ только вычислить, по движенію процессіи, въ какое время точка весенняго равноденствія занимала соотвѣтственное положеніе.

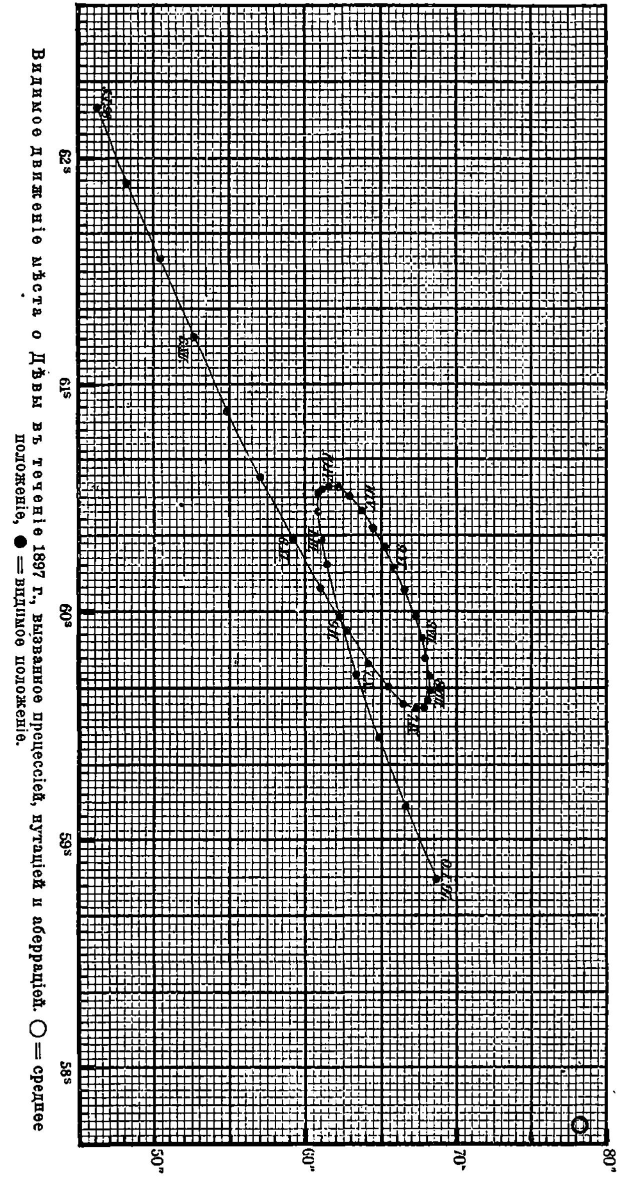
Самый старый изъ такихъ документовъ есть знаменитый зодіакъ въ Дендерахъ въ верхнемъ Египтѣ. Въ немъ точки пересѣченія сдвинуты болѣе, чѣмъ на 60 градусовъ сравнительно съ ихъ нынѣшнимъ положеніемъ. 60 градусовъ прецессія проходитъ въ 4300 лѣтъ. Поэтому изобра-

женіе круга зодіака въ Дендерахъ, помѣщенное въ одномъ старомъ храмѣ, надо, какъ и самый храмъ, отнести приблизительно къ 2400 г. до Р. Х. Къ подобнымъ же заключеніямъ привели изслѣдованія надъ установкою пирамидъ и древнегреческихъ храмовъ. Послѣдніе строились такъ, что во время извѣстныхъ праздниковъ солнце при своемъ восходѣ какъ разъ освѣщало статую бога, которая помѣщалась въ святая святыхъ храма. Время этихъ праздниковъ опредѣлялось наблюденіемъ, такъ называемыхъ, геліакическихъ восхожденій свѣтилъ. Говорили, что звѣзда восходитъ геліакически, когда ее вновь видѣли въ первый разъ на восточной сторонѣ неба. Этотъ моментъ для одного и того же мѣста зависитъ только отъ положенія солнца въ кругѣ зодіака. Вслѣдствіе годичнаго движенія солнца, какая либо звѣзда круга зодіака, которая сегодня восходитъ вмѣстѣ съ солнцемъ, завтра будетъ подниматься надъ горизонтомъ уже нѣсколько раньше солнца, такъ какъ годичное движеніе солнца противоположно суточному. Такъ какъ звѣзда съ каждымъ днемъ восходитъ все раньше, то она будетъ попадать все въ болѣе ранній поясъ утреннихъ сумерекъ, пока въ концѣ-концовъ не сдѣлается снова видимой. До того времени въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ она не могла быть видима, такъ какъ находилась на дневномъ небѣ. Геліакическое восхожденіе происходитъ всегда на вполнѣ опредѣленномъ разстояніи звѣзды отъ солнца, т. е. при опредѣленномъ положеніи послѣдняго относительно звѣздъ. Вслѣдствіе прецессіи геліакическія восхожденія должны, конечно, постепенно приходиться на различныя времена года, въ связи съ которыми измѣняется положеніе точки солнечнаго восхода. Установка храма согласно указанному выше принципу должна быть различной въ различные вѣка. Зная принципъ, по которому была сдѣлана установка храма, мы можемъ вычислить возрастъ храма.

По поводу геліакическаго восхожденія можно вкратцѣ указать здѣсь на тотъ вполнѣ очевидный фактъ, что различіе картины ночного звѣзднаго неба въ различныя времена года есть только слѣдствіе видимаго движенія солнца по небу. Постепенно въ противостояніе съ солнцемъ становятся иныя неподвижныя звѣзды, которыя и кульминируютъ въ полночь. Черезъ каждые 6 мѣсяцевъ на югѣ оказывается ночью та часть, которая 6 мѣсяцевъ тому назадъ находилась на этомъ же мѣстѣ въ соотвѣтственное время днемъ и потому вслѣдствіе близости солнца не была видима. Стоитъ замѣтить здѣсь еще, что вслѣдствіе наклоненія эклиптики къ экватору кругъ зодіака въ наши зимніе мѣсяцы въ полночь занимаетъ наиболѣе высокое положеніе надъ горизонтомъ; въ лѣтнія ночи наоборотъ наиболѣе низкое.

Движеніе земной оси, родственное прецессіи по внѣшнему характеру, есть, такъ называемая, нутація оси. Она состоитъ въ томъ, что движеніе оси совершается не точно по указанной уже поверхности конуса, но только въ среднемъ приближается къ ней. Относительно средняго положенія, опредѣляемаго прецессіей, земная ось въ теченіе приблизительно 19 лѣтъ описываетъ небольшой эллипсъ съ поперечниками въ 19 и 14 дуговыхъ секундъ. Слѣдовательно, на самомъ дѣлѣ земной полюсъ движется по узловой линіи. Поэтому положеніе неподвижныхъ звѣздъ относительно экватора, т. е. ихъ прямое восхожденіе и склоненіе, испытываетъ, кромѣ непрерывныхъ измѣненій, вызываемыхъ прецессіей, еще періодическія колебанія, возвращающіяся черезъ каждыя 19 лѣтъ (см. рис. на стр. 509). На этомъ основаніи различаютъ среднее и видимое мѣсто неподвижной звѣзды или вообще какого нибудь свѣтила. Среднее мѣсто свѣтила всегда относится къ среднему положенію точки весенняго равноденствія въ началѣ даннаго года; видимое же отсчитывается отъ дѣйствительнаго положенія этой точки въ данный моментъ. Видимое мѣсто перемѣщается относительно

средняго не только вслѣдствіе прецессіи и путаціи, но еще и отъ другихъ вліяній, которыя мы разсмотримъ позднѣе. Такимъ образомъ, уже помимо собственныхъ движеній, которыя можетъ имѣть свѣтило, прямое восхожденіе и склоненіе его представляютъ измѣнчивыя величины, которыя могутъ колебаться весьма сильно особенно вблизи полюсовъ (см. прилаг. рис.) Къ астрономическимъ альманахамъ прилагаются поэтому также такъ называемыя эфемериды главнѣйшихъ основныхъ звѣздъ, чтобы астрономы могли руководиться ими при измѣреніяхъ, производимыхъ надъ видимымъ положеніемъ неподвижныхъ звѣздъ.

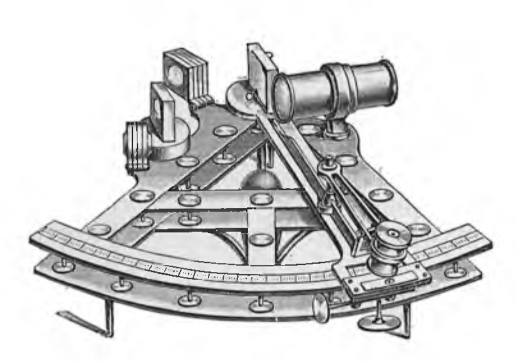


Видимое движеніе мѣста ο Дѣвы въ теченіе 1897 г., вызванное прецессіей, нутаціей и аберраціей. ○ = среднее положеніе, ● = видимое положеніе.

Какъ мы уже видѣли, положеніе дневной дуги солнца относительно горизонта, а также длина ея измѣняются съ широтою. Этимъ фактомъ и руководятся, какъ главнѣйшимъ средствомъ для **опредѣленія мѣста корабля въ открытомъ морѣ**. Правда, наблюденія надъ звѣздами въ принципѣ столь же удобны для опредѣленія географическаго положенія мѣста корабля, какъ это легко видѣть изъ свѣдѣній, сообщенныхъ во второй главѣ этой части. Однако, на морѣ можно производить наблюденія только съ очень небольшими инструментами, которые можно свободно держать въ рукѣ, а при помощи ихъ очень трудно находить при качкѣ корабля опредѣленную звѣзду. Такъ какъ весьма важно какъ можно чаще провѣрять положеніе корабля, то солнце, которое можно наблюдать даже сквозь легкія облака, представляетъ значительную практическую выгоду предъ неподвижными звѣздами. Достаточно произвести два опредѣленія высоты солнца надъ морскимъ горизонтомъ, и съ помощью показаній морского хронометра можно вычислить мѣсто корабля, т. е. его географическую долготу и широту.

Самое измѣреніе на морѣ производится при помощи, такъ называемыхъ, **секстантовъ** или **призмозеркальныхъ круговъ**. Оба инструмента, благодаря отклоняющему дѣйствію зеркала или призмы, позволяютъ видѣть одновременно изображеніе солнца и горизонта. Они такъ устроены, что передви-

гая одну часть инструмента, можно линію горизонта довести до совпаденія съ краемъ солнца. Тогда по дѣленіямъ, нанесеннымъ на металлическомъ отрѣзкѣ круга, можно прямо отсчитать угловое разстояніе обоихъ предметовъ, въ данномъ случаѣ высоту солнца. Положимъ, что мы измѣрили секстантомъ полуденную высоту солнца и вмѣстѣ отмѣтили наступленіе момента полдня по показаніямъ морского хронометра: этимъ и будетъ рѣшена задача нахожденія мѣста корабля. Выяснимъ это на слѣдующемъ примѣрѣ: пусть полуденная высота, измѣренная 11 іюля, равнялась 70 градусамъ 4 минутамъ; хронометръ, идущій по гринвичскому среднему времени, показывалъ 13 часовъ 54 минуты 47 секундъ. Изъ эфемеридъ, которыя имѣются на каждомъ морскомъ кораблѣ, можно видѣть, что склоненіе солнца въ полдень въ этотъ день было $22^0 4'$; вычитая эту величину изъ найденной солнечной высоты, мы найдемъ, что высота экватора для мѣста корабля равна 48^0; отсюда высота полюса, какъ дополненіе этого угла до 90^0, равна 42^0. Изъ тѣхъ же астрономическихъ эфемеридъ видно также, что уравненіе времени въ этотъ день было равно 5 минутамъ 13 секундамъ, именно истинный полдень приходился раньше средняго на эту величину. Это число мы прибавляемъ къ наблюденному моменту полдня и находимъ, что онъ наступилъ у насъ въ 14 часовъ по среднему гринвичскому времени. Это значитъ, что на первомъ меридіанѣ отъ момента полдня прошло уже 2 часа, когда наступилъ полдень въ мѣстѣ, гдѣ находится корабль. Слѣдовательно, разность долготъ равна 2 часамъ или 30 градусамъ. Итакъ, мы нашли, что корабль находится на 30-мъ градусѣ западной долготы отъ Гринвича и на 42-мъ градусѣ сѣверной широты.



Зеркальный секстантъ.

Конечно, на практикѣ задача рѣшается не такъ просто, какъ это показано на данномъ примѣрѣ. Во-первыхъ, весьма невыгодно ждать для этой цѣли момента наибольшей высоты солнца, во-вторыхъ, во время кульминаціи высота измѣняется такъ медленно, что практически невозможно отмѣтить этотъ моментъ сколько нибудь точно. Но читатель, знакомый со сферической тригонометріей, легко пойметъ, что двухъ наблюденій надъ высотой солнца, отдѣленныхъ не слишкомъ короткимъ промежуткомъ времени, всегда достаточно, чтобы найти вычисленіемъ положеніе дневной дуги солнца; а изъ него можно тотчасъ же найти направленіе меридіана и высоту солнца въ полдень. Разсмотрѣніе сферическаго треугольника, лежащаго между полюсомъ, зенитомъ и мѣстомъ солнца, приводитъ къ такой формулѣ

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t,$$

гдѣ h — высота солнца, φ—искомая географическая, широта. δ—всегда извѣстное склоненіе солнца, а τ—часовой уголъ солнца въ моментъ наблюденія, т. е. его искомое разстояніе отъ меридіана. Въ этой формулѣ мы имѣемъ, слѣдовательно, два неизвѣстныхъ. Хотя второе наблюденіе надъ высотою солнца приходится уже дѣлать тогда, когда корабль находится на другомъ мѣстѣ, однако, если между обоими наблюденіями прошло одинъ или два часа, то это измѣненіе мѣста можно опредѣлить компасомъ и лагомъ. Разность обоихъ часовыхъ угловъ указываетъ хронометръ. Ясно, что изъ двухъ высотъ солнца можно найти обѣ искомыя неизвѣстныя посредствомъ данной формулы. Такъ какъ синусъ малыхъ угловъ измѣняется быстрѣе, то стараются измѣрять солнечную высоту возможно раньше

утромъ или возможно позже послѣ полудня. Затѣмъ вычисляютъ время полдня на кораблѣ и провѣряютъ въ полуденный моментъ еще разъ наибольшую солнечную высоту секстантомъ, такъ какъ высоту полюса все таки лучше опредѣлять, измѣряя полуденныя высоты, чѣмъ только что описаннымъ способомъ.

Выше мы допустили, что показанія хронометра даютъ среднее время перваго меридіана въ каждое данное мгновеніе. Но это только въ томъ случаѣ, если ошибки хронометра безъ всякаго измѣненія остались такими, какими онѣ были опредѣлены въ обсерваторіи передъ отправленіемъ въ плаваніе. Тогда съ ихъ помощью можно опредѣлять время часовъ, напр., по гринвическому времени (см. стр. 449). Во время самаго путешествія нельзя открыть ошибки, по крайней мѣрѣ пока корабль находится въ открытомъ морѣ, такъ какъ ошибка часовъ нераздѣльно входитъ въ опредѣленіе долготы. Если часы въ путешествіи сдѣлали неожиданные скачки, то это можно узнать свѣряя часы въ ближайшей гавани съ часовымъ сигнальнымъ шаромъ. Обыкновенно такой шаръ помѣщаютъ на башнѣ гавани; онъ выкидывается при помощи электрическихъ приспособленій, которыми соединенъ съ обсерваторіей, и служитъ для того, чтобы извѣщать корабли о точномъ моментѣ средняго полдня.

Но во время самаго пути непредвидѣнныя измѣненія въ ходѣ часовъ прямо даютъ въ результатѣ ошибки въ опредѣленіи долготы. Если, напр., часы къ концу пути ошибаются на 10 секундъ, то мы ошибемся въ долготѣ мѣста корабля на $10 \times 15 = 150$ дуговыхъ секундъ, такъ какъ одна секунда времени соотвѣтствуетъ 15 дуговымъ секундамъ: подъ экваторомъ это равно $2^1/_2$ морскимъ милямъ, а въ нашихъ широтахъ болѣе $1^1/_2$ морскихъ миль. Это, пожалуй, предѣльная ошибка, которую можно при нормальныхъ условіяхъ допустить въ опредѣленіи мѣста корабля, не рискуя подвергнуться большой опасности. Но въ отдѣльныхъ случаяхъ даже и эта разница можетъ оказаться роковою. Допущенная ошибка въ 10 секундъ при десятидневномъ путешествіи возможна въ томъ случаѣ, если суточное измѣненіе въ ходѣ часовъ равно 1 секундѣ. При той степени точности, какая достигнута въ настоящее время, это рѣдкій случай. Поэтому напр. при правильныхъ рейсахъ между Англіей и Сѣверной Америкой, можно полагаться вполнѣ на морской хронометръ, особенно если его ходъ контролируется вторымъ хронометромъ. Очень невѣроятно, чтобы внезапный скачекъ въ ходѣ часовъ могъ произойти сразу въ обоихъ хронометрахъ. Однако изъ наблюденной разницы въ показаніяхъ обоихъ часовъ нельзя рѣшить, которые часы сдѣлали ошибку. Поэтому, въ большинствѣ случаевъ берутъ среднее изъ показаній обоихъ часовъ и этимъ неизвѣстную ошибку уменьшаютъ до половины ея величины. Большія требованія надо предъявлять къ хронометру при продолжительныхъ морскихъ плаваніяхъ; напр., если плаваніе длится 40 дней, то неизвѣстное измѣненіе въ ходѣ часовъ не должно превышать $^1/_4$ секунды. Такую точность въ путешествіи даютъ только лучшіе часы; подвергая ихъ испытанію въ обсерваторіяхъ, можно достигнуть еще большей точности. На Женевской обсерваторіи подвергаютъ наблюденію ежегодно массу карманныхъ часовъ, въ ходѣ которыхъ суточная неточность лежитъ ниже 0,2 секунды, пока часы остаются въ одинаковыхъ условіяхъ.

Отсюда мы видимъ, какъ важна крайняя точность въ изготовленіи часовъ. Въ другомъ мѣстѣ мы уже говорили, какъ много эта точность зависитъ отъ кропотливаго устраненія всѣхъ малѣйшихъ источниковъ ошибокъ при наблюденіяхъ, которыя ведутся для опредѣленія времени. Это устраненіе достигается съ одной стороны приготовленіемъ, какъ сказано, крайне точныхъ инструментовъ, а съ другой — всѣми точнѣйшими изслѣдованіями, ведущими къ опредѣленію мѣстъ неподвижныхъ звѣздъ.

Сознавая необычайную цѣнность, какую представляютъ хорошо идущіе часы для опредѣленія долготъ на морѣ, англійскій парламентъ въ 1714 г. назначилъ премію въ 20,000 фунтовъ стерлинговъ (200,000 рубл.) за лучшій методъ опредѣленія географическихъ долготъ на морѣ, и присудилъ эту премію часовыхъ дѣлъ мастеру Гаррисону, такъ какъ онъ изготовилъ хронометръ, который достигъ требуемыхъ предѣловъ точности. Это была, безъ сомнѣнія, наивысшая сумма, какую когда либо получилъ часовыхъ дѣлъ мастеръ за свое издѣліе.

Правда, существуютъ методы, которыми можно опредѣлять географическую долготу во время путешествія независимо отъ ошибки часовъ, но они все еще не достигли такой точности, какую при нормальныхъ условіяхъ можно сравнивать съ точностью хода хронометра, да по всей вѣроятности и никогда не достигнутъ. Тѣмъ не менѣе эти методы въ высшей степени цѣнны и могутъ оказывать мореплавателю услуги въ самыхъ затруднительныхъ положеніяхъ, если напр., его часы остановятся вслѣдствіе какого нибудь несчастнаго случая. Тогда онъ не будетъ знать времени перваго меридіана и не будетъ въ состояніи опредѣлить описаннымъ способомъ мѣсто корабля, пока, плывя на удачу, не достигнетъ знакомой страны. На небѣ есть явленія, правильность которыхъ такъ точно изслѣдована, что ихъ можно заранѣе вычислить съ точностью до нѣсколькихъ секундъ. Къ такимъ явленіямъ принадлежатъ прежде всего затменія небесныхъ свѣтилъ. Затменія солнца и луны, которыми мы займемся въ слѣдующей главѣ, бываютъ слишкомъ рѣдко, чтобы ими можно было пользоваться въ такихъ необычайныхъ случаяхъ; но четыре большихъ спутника Юпитера представляютъ въ этомъ отношеніи очень удобный случай, такъ какъ ихъ не трудно наблюдать во всякій ручной телескопъ, если Юпитеръ стоитъ не слишкомъ близко къ солнцу. При томъ же такое затменіе происходитъ почти каждую ночь. Мореплаватель изъ своего альманаха знаетъ моментъ всѣхъ этихъ затменій, заранѣе вычисленныхъ по среднему гринвичскому времени. Если наблюдать моментъ наступленія такого явленія по хронометру съ неправильнымъ ходомъ, то разность наблюденнаго времени и времени, показаннаго въ альманахѣ, прямо даетъ намъ поправку часовъ, если только намъ извѣстна долгота мѣста относительно Гринвича. Съ другой стороны, если опредѣлить разность между показаніемъ часовъ и дѣйствительнымъ временемъ, соотвѣтствующимъ мѣсту корабля, напр., при помощи измѣренія высотъ солнца, то мы прямо найдемъ разность долготъ относительно Гринвича. Къ сожалѣнію, моментъ затменія наступаетъ не вдругъ, такъ что остается неточность въ нѣсколько секундъ. Нельзя также сдѣлать точнаго предварительнаго разсчета относительно момента ожидаемаго затменія спутника. Вотъ почему, какъ уже сказано, этимъ способомъ и нельзя опредѣлять времени съ такою точностью, какъ это можно дѣлать въ обычныхъ условіяхъ по хронометру простымъ разсчетомъ съ извѣстнымъ часовымъ ходомъ.

Совершенно тоже самое представляетъ и методъ такъ называемыхъ лунныхъ разстояній. Въ альманахахъ угловое разстояніе луны отъ солнца или отъ яркихъ звѣздъ заранѣе вычислено для опредѣленнаго времени перваго меридіана. Если намъ, дѣйствительно удалось найти опредѣленіемъ по секстанту указанное въ альманахѣ разстояніе, тогда мы прямо имѣемъ соотвѣтственное время перваго меридіана. Правда, въ этомъ случаѣ предварительное вычисленіе возможно со всей точностью, за то самое наблюденіе весьма затруднительно, и ошибка въ измѣряемомъ углѣ входитъ въ вычисленіе съ большимъ коеффиціентомъ; самое вычисленіе искомой разности долготъ весьма кропотливо. Поэтому на морѣ послѣдній методъ почти не примѣнимъ. Онъ чаще примѣняется изслѣдователями, путешествующими по сушѣ. На твердой землѣ можно разсчитывать на

бо́льшую точность наблюденій и повторять ихъ чаще, вычисленіе же можно произвести послѣ возвращенія изъ путешествія.

Въ послѣднее время для этой цѣли предложены совершенно новые методы, основанные на примѣненіи фотографіи. Можно, напр., сдѣлать снимокъ луны со звѣздой и затѣмъ на пластинкѣ измѣрить разстояніе между ними. Моментальные снимки въ этомъ случаѣ невозможны, слѣдовательно, во время экспозиціи луна и звѣзды проведутъ на пластинкѣ темныя полосы. Если же принять мѣры, чтобы аппаратъ стоялъ совершенно горизонтально, то эти полосы дадутъ положеніе суточныхъ дугъ свѣтилъ, такъ что при умѣломъ пользованіи, по такой фотографіи луннаго разстоянія можно опредѣлить кромѣ времени перваго меридіана еще мѣстное время и высоту полюса. Собственно говоря, для такого фотографическаго опредѣленія времени не надо никакихъ часовъ. Эти фотографическіе методы за послѣднее время были хорошо разработаны. Особенно при геодезическихъ снимкахъ въ гористыхъ мѣстностяхъ, они давали превосходные результаты въ значительно болѣе короткое время, чѣмъ это удавалось получать до сихъ поръ.

---

4. Видимыя движенія луны. Параллаксъ.

Простыми наблюденіями легко замѣтить, что положеніе луны относительно солнца періодически измѣняется. Слѣдовательно, движеніе луны по небесному своду должно быть иное, чѣмъ движеніе солнца. Мы ежемѣсячно наблюдаемъ, что лунный серпъ, вновь появляющійся послѣ новолунія, остается видимымъ на вечернемъ небѣ и послѣ заката солнца; значитъ луна въ своемъ суточномъ движеніи слѣдуетъ за солнцемъ. Поэтому и черезъ меридіанъ она проходитъ позже его. Ея прямое восхожденіе больше, чѣмъ прямое восхожденія солнца, и, по мѣрѣ роста луны, оно все увеличивается, такъ какъ луна все болѣе удаляется отъ солнца. Наконецъ, въ полнолуніе оба свѣтила стоятъ другъ противъ друга. Луна въ это время кульминируетъ въ полночь, т. е. ея прямое восхожденіе на 12 часовъ больше прямого восхожденія солнца. Прямое восхожденіе луны продолжаетъ увеличиваться круглымъ числомъ на 50 минутъ ежедневно, пока солнце и луна не будутъ имѣть одинаковаго прямого восхожденія и не пройдутъ одновременно черезъ мередіанъ, т. е. пока опять не наступитъ новолуніе. Между двумя послѣдовательными новолуніями протекаетъ въ среднемъ 29 дней 12 часовъ 44 минуты 2,9 секунды. Это время называютъ синодическимъ мѣсяцемъ, а моменты наступленія новолунія и полнолунія — сизигіями.

Этотъ періодъ времени былъ уже весьма точно извѣстенъ съ древнѣйшихъ временъ: его можно легко найти и безъ астрономическихъ инструментовъ, наблюдая наступленіе новолуній въ теченіе десятилѣтій и столѣтій. Иногда моменты послѣднихъ особенно сильно запечатлѣваются въ памяти людей, благодаря солнечнымъ затменіямъ. Птоломей въ своемъ Альмагестѣ даетъ величину синодическаго мѣсяца всего на 0,4 секунды больше истинной. Такъ какъ мы уже знаемъ среднее движеніе солнца, будетъ ли оно отнесено къ точкѣ весенняго равноденствія или къ какой либо другой постоянной точкѣ небеснаго свода, то легко вычислить по длинѣ синодическаго мѣсяца длину тропическаго и звѣзднаго мѣсяца: послѣдній равенъ 27 днямъ 7 часамъ 43 минутамъ 11,5 секунды, а тропическій короче его всего на 6,8 секунды.

Полное совпаденіе періодовъ смѣны фазъ и синодическаго времени обращенія луны уже прямо указываетъ, что причиною смѣны фазъ является солнце. Явленія, наблюдаемыя при этой смѣнѣ, такъ общеизвѣстны, что мы можемъ ограничиться только указаніями на нихъ. По-

являющійся впервые лунный дискъ находится для нашего полушарія влѣво отъ солнца. Освѣщенная часть луны должна быть обращена къ солнцу. Поэтому для прибывающей луны можно примѣнить мнемоническое правило,

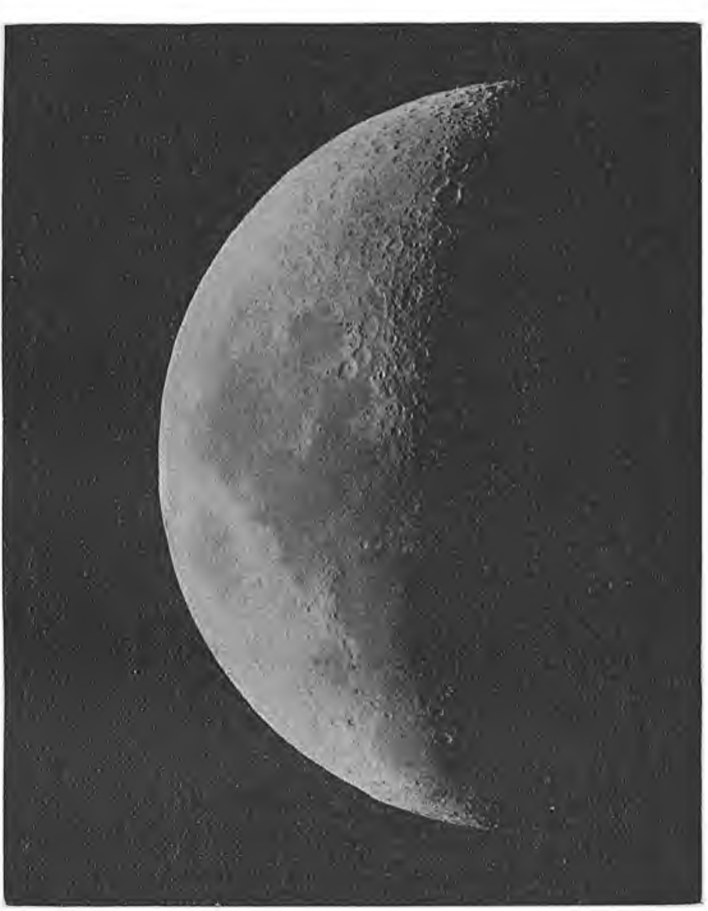


Тропическій ландшафтъ съ горизонтально лежащимъ луннымъ серпомъ.

что серпъ ея ☽ изображаетъ начало З въ нѣмецкомъ письмѣ (zunehmend), а серпъ луны убывающей ☾, который стоитъ всегда справа отъ солнца, изображаетъ начало буква А (Abnehmend) *). Мы не указывали бы на это, если

*) Въ Россіи говорятъ: если горбъ луны обращенъ вправо, то луна прибываетъ, а если влѣво — убываетъ. *С. Глазенапъ.*

бы путешественники, посѣщавшіе южную половину земного шара, не удивлялись такъ часто тому, что тамъ они встрѣчали какъ разъ обратныя отношенія. Это явленіе не трудно уяснить себѣ. Дневныя дуги свѣтилъ принимаютъ тѣмъ болѣе отвѣсное положеніе относительно горизонта, чѣмъ болѣе мы приближаемся къ экватору. За экваторомъ онѣ наклоняются въ противоположную сторону. Но орбита луны, какъ мы увидимъ ближе, не особенно сильно наклонена къ орбитѣ солнца. На экваторѣ луна находится не вправо и не влѣво отъ солнца, а выше или ниже его, такъ какъ дневныя дуги идутъ здѣсь подъ прямымъ угломъ къ горизонту. Слѣдовательно, въ первую четверть серпъ луны, обращенный своею выпуклой стороной къ заходящему солнцу, будетъ тою же стороной обращенъ и къ горизонту; тамъ онъ имѣетъ видъ блестящей ладьи ◡ (см. стр. 516). Такой же видъ имѣетъ луна и въ послѣднюю четверть, когда она восходитъ въ утренніе часы передъ солнцемъ. Въ это время она представляетъ необычайно красивое зрѣлище, неизвѣстное въ нашихъ широтахъ. Если мы будемъ двигаться далѣе къ югу за экваторъ, то лунный серпъ поворачивается еще болѣе, такъ какъ солнце тамъ кульминируетъ на сѣверѣ. Теперь луна въ первую четверть будетъ находиться вправо отъ солнца и имѣть форму нашей убывающей луны ☾. Въ телескопѣ, дающемъ обратныя изображенія, эти явленія представляются, конечно, также въ обратномъ видѣ. Лунныя фазы на сѣверномъ полушаріи имѣютъ въ телескопъ такой видъ, какъ онѣ изображены на прилагаемыхъ копіяхъ съ прекрасныхъ фотографій, полученныхъ въ Ликской обсерваторіи.

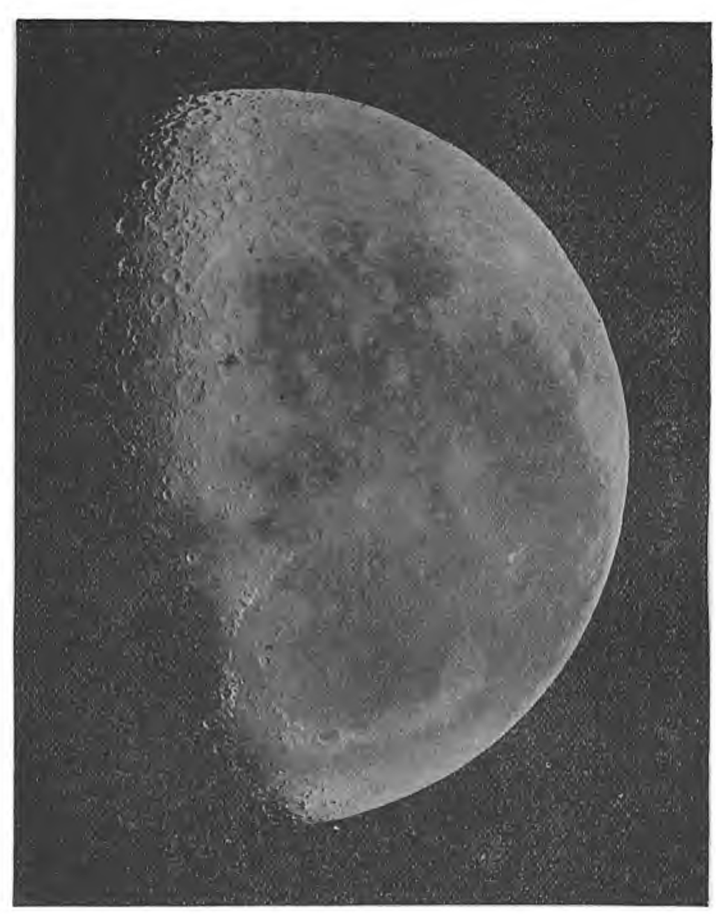


Телескопическое обратное изображеніе прибывающей луны. Возрастъ 5 дней 20 часовъ. По фотографіи, полученной въ Ликской обсерваторіи 23 янв. 1893 г.

Если мы станемъ слѣдить за измѣненіемъ широтъ луны, опредѣляя меридіаннымъ кругомъ высоты ея кульминацій, то окажется, что ея среднее движеніе по небу совершается по кругу, наклоненному къ орбитѣ солнца на $5^{\circ}\,8'\,40''$ Это число относится къ началу 1800,0 года; оно испытываетъ незначительныя колебанія. Слѣдовательно, луна въ извѣстныя времена можетъ кульминировать на 5 градусовъ выше точки

пересѣченія эклиптики съ меридіаномъ. Затѣмъ она все болѣе и болѣе приближается къ эклиптикѣ, пересѣкаетъ ее черезъ недѣлю послѣ момента высшаго положенія, черезъ двѣ недѣли стоитъ на 5 градусовъ ниже эклипитки, черезъ 3 недѣли опять на ней и такъ далѣе.

Изъ того факта, что образованія на лунной поверхности почти не измѣняютъ своего положенія относительно края луннаго диска, мы уже вывели ранѣе (стр. 90) заключеніе, что спутникъ земли всегда обращенъ къ намъ одной и той же стороной. Это объясняется тѣмъ, что луна въ то время, какъ она обращается вокругъ земли, совершаетъ оборотъ вокругъ собственной оси. Ось ея вращенія притомъ же стоитъ почти перпендикулярно къ плоскости лунной орбиты, именно, экваторъ луны наклоненъ къ ней всего подъ угломъ въ $3^1/_2{}^0$.



Телескопическое обратное изображеніе убывающей луны. Возрастъ луны — 20 дней 20 часовъ. По фотографіи, полученной въ Ликской обсерваторіи 2 авг. 1893 г.

Точки пересѣченія лунной орбиты съ эклиптикой называютъ **узловыми точками**, именно ту точку, при которой луна переходитъ изъ южнаго въ сѣверное полушаріе, называютъ **восходящимъ**, противоположную — **нисходящимъ узломъ**. Линія, которую можно мысленно провести между обѣими точками, называется **узловой линіей**. Узловыя точки имѣютъ особенное значеніе, такъ какъ только въ нихъ два наибольшихъ для насъ небесныхъ свѣтила могутъ встрѣчаться, т. е. становиться въ такое взаимное положеніе, при которомъ можетъ произойти затменіе того или другого изъ нихъ. Возможно, что въ связи съ древнимъ суевѣріемъ, будто эти затменія производятся гигантскимъ дракономъ, стоитъ названіе этихъ точекъ **драконическими точками**, а время, протекающее между двумя послѣдовательными вступленіями луны въ одну изъ этихъ точекъ, назвали **драконическимъ мѣсяцемъ**. Онъ опять таки отличается отъ трехъ раньше приведенныхъ мѣсяцевъ, такъ какъ узловая линія лунной орбиты имѣетъ движеніе, аналогичное движенію узловой линіи солнечной орбиты, извѣстному намъ подъ именемъ прецессіи. Узловыя точки лунной орбиты движутся по эклиптикѣ гораздо скорѣе, такъ что, приблизительно, черезъ 19 лѣтъ онѣ уже совершаютъ полный оборотъ. Это время согласуется съ

періодомъ, въ теченіе котораго земная ось совершаетъ малыя періодическія колебанія, какія мы назвали нутаціей. Внутреннюю связь между обоими явленіями мы узнаемъ позднѣе. Драконическій мѣсяцъ имѣетъ 27 дней 5 часовъ 5 минутъ 39 секундъ.

На движеніи луны, какъ и на движеніи солнца, обнаруживается, что скорость въ одной половинѣ ея пути по небу больше, чѣмъ въ другой; соотвѣтственно этому измѣняется вмѣстѣ съ тѣмъ и ея поперечникъ. Слѣдовательно, луна также имѣетъ перигей и апогей. Далѣе, какъ и для солнца, линія апсидъ, соединяющая обѣ точки, также совершаетъ движеніе. Въ началѣ нашего столѣтія (1800,0), долгота луннаго перигея, т. е. угловое разстояніе точки, въ которой луна къ намъ стоитъ ближе всего, отъ точки весенняго равноденствія, считая по эклиптикѣ, была равна $225^{\circ} 23' 55'',1$. Но она въ 8,8508 лѣтъ совершаетъ полный оборотъ вокругъ неба; возвращеніе луны въ перигей происходитъ поэтому всегда на 5 часовъ 35 минутъ 22 секунды позднѣе возвращенія ея къ одной и той же звѣздѣ (звѣздное время обращенія). Такимъ образомъ этотъ, т. наз., аномалистическій мѣсяцъ равенъ 27 днямъ 13 часамъ 18 минутамъ 33 секундамъ. Вслѣдствіе перемѣны луннаго движенія, совершающейся въ предѣлахъ этого промежутка времени, мѣсто нашего спутника можетъ больше, чѣмъ на 6° опережать или же запаздывать сравнительно съ тѣмъ положеніемъ, какое онъ занялъ бы при равномѣрномъ движеніи по небесному своду. Это явленіе соотвѣтствуетъ по существу тому, что извѣстно намъ для солнца, подъ именемъ уравненія времени.

Всѣ приведенныя до сихъ поръ движенія луна раздѣляетъ съ солнцемъ, только скорость каждаго луннаго движенія больше. Но движенія луны представляютъ еще много особенностей, которыя зависятъ отъ взаимнаго положенія луны и солнца. Прежде всего весьма давно узнали, что неравенство періода между перигеемъ и апогеемъ, называемое также уравненіемъ орбиты, становится тѣмъ больше, чѣмъ ближе совпадаетъ направленіе перигея или апогея съ направленіемъ, въ какомъ находится солнце, т. е., другими словами, чѣмъ точнѣе совпадаютъ перигей или апогей луны съ новолуніемъ и полнолуніемъ. Уравненіе лунной орбиты достигаетъ наибольшей величины, когда линія апсидъ совпадаетъ съ сизигіями, наоборотъ, наименьшей — въ квадратурахъ. Разность съ среднимъ уравненіемъ орбиты доходитъ до $1^{\circ} 15'$ и называется эвекціей. Во время новолунія, когда, какъ это ясно показываютъ затменія, луна находится между землею и солнцемъ и стоитъ ближе къ землѣ, чѣмъ въ противоположномъ положеніи, при полнолуніи, она движется особенно быстро передъ солнцемъ, и это движеніе еще увеличивается, если луна при этомъ находится въ особенной близости къ землѣ.

Второе неравенство происходитъ въ той области лунной орбиты, которая лежитъ между сизигіями и квадратурами. Оно можетъ доходить до $39'$ и называется варіаціей. Третье неравенство, равное въ максимумѣ $11'$, повторяется черезъ годъ, и потому называется годичнымъ уравненіемъ. Оно ясно показываетъ, что скорость движенія луны зависитъ также отъ бóльшаго или меньшаго разстоянія солнца отъ земли. Ко всѣмъ этимъ неравенствамъ присоединяется еще большое число малыхъ неравенствъ. Благодаря всей ихъ совокупности, вычисленіе луныхъ движеній представляетъ труднѣйшую задачу теоретической астрономіи.

Всѣ эти движенія оказываются одинаковыми для каждаго мѣста земной поверхности. Но благодаря другимъ особенностямъ, которыя зависятъ отъ высоты луны въ данный моментъ надъ горизонтомъ наблюдателя, это свѣтило съ различныхъ точекъ земли одновременно представляется на различныхъ точкахъ небеснаго свода. Это перемѣщеніе или, такъ называемый, параллаксъ положенія луны обладаетъ тѣмъ же свойствомъ, какъ и

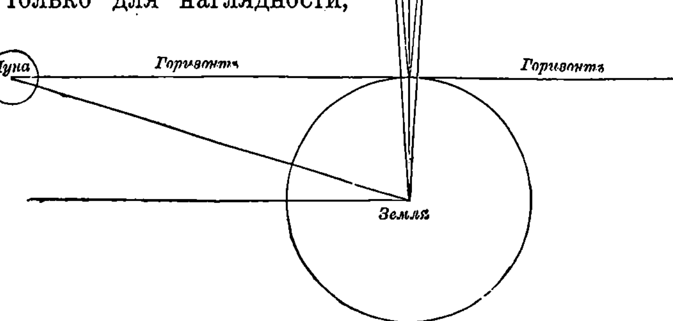
атмосферная рефракція: онъ достигаетъ максимума на горизонтѣ и исчезаетъ въ зенитѣ. Только по знаку онъ противоположенъ рефракціи. Послѣдняя повышаетъ свѣтило, вслѣдствіе же параллакса луна кажется тѣмъ ниже, чѣмъ она ближе къ горизонту. Кромѣ того, величина параллакса для каждаго свѣтила своя, именно, для луны она наиболѣе значительна, для солнца и планетъ гораздо меньше, а для неподвижныхъ звѣздъ, можно сказать, не существуетъ. Въ то же время параллаксъ вліяетъ и на видимый поперечникъ луны. Когда луна стоитъ на горизонтѣ, то вопреки часто наблюдаемому впечатлѣнію, поперечникъ ея по самымъ точнымъ измѣреніямъ всего меньше. Съ увеличеніемъ высоты луны онъ увеличивается и достигаетъ максимума въ зенитѣ. Разность между поперечникомъ луны на горизонтѣ и въ зенитѣ равна почти шестидесятой части его величины. Такъ какъ средній поперечникъ равенъ 31′ 8″, то параллактическое измѣненіе при суточномъ движеніи въ максимумѣ нѣсколько больше $1/2$ дуговой минуты; такую величину легко опредѣлить нашими совершенными измѣрительными инструментами. Но гораздо больше оказывается параллактическое перемѣщеніе самаго положенія луны. На горизонтѣ мѣста наблюденія, лежащаго на экваторѣ, оно равно въ среднемъ 57′ 2,″1. Подъ другими широтами средняя величина этого горизонтальнаго параллакса уменьшается въ такомъ же отношеніи, въ какомъ уменьшается разстояніе мѣста наблюденія отъ центра земли, въ зависимости отъ сжатія земли. Поэтому, на полюсѣ эта величина, приблизительно, на 11 дуговыхъ секундъ меньше, чѣмъ на экваторѣ.

Зависимость параллактическаго смѣщенія отъ мѣста наблюдателя на землѣ показываетъ несомнѣнно, что единственная причина явленія есть сравнительно большая близость луны къ намъ. Въ связи съ этимъ и происходитъ перспективное смѣщеніе ея относительно звѣздъ, которыя удалены отъ насъ гораздо дальше. Когда луна находится въ зенитѣ, то линія, соединяющая луну и наблюдателя, при своемъ продолженіи пройдетъ черезъ центръ земли; поэтому перспективнаго смѣщенія не можетъ происходить. За то мы находимся на одинъ земной радіусъ ближе къ лунѣ, чѣмъ если бы мы стояли въ центрѣ земли. Отношенія будутъ иныя, когда луна находится на горизонтѣ (см. прилагаемый рисунокъ). Тогда ея разстояніе отъ насъ таково же, или почти таково же, какъ ея разстояніе отъ центра земли; но линія, соединяющая центры луны и земли, образуетъ съ направленіемъ къ зениту мѣста наблюденія уголъ, который меньше 90 градусовъ на величину параллакса. Мы непосредственно видимъ, что параллаксъ съ одной стороны зависитъ отъ поперечника земли, съ другой—отъ разстоянія отъ насъ луны или вообще небеснаго свѣтила. Если мы обозначимъ черезъ π этотъ параллактическій уголъ, черезъ d — разстояніе луны отъ центра земли, черезъ r — радіусъ земли, то получимъ простое уравненіе: $r = d \operatorname{tg} \pi$. Примемъ r равнымъ единицѣ. Тогда стóитъ только открыть тригонометрическія таблицы, и мы, по извѣстной величинѣ горизонтальнаго параллакса найдемъ, что луна удалена отъ насъ на 60,28 экваторіальныхъ земныхъ радіусовъ.

Такъ какъ изъ градусныхъ измѣреній мы знаемъ, что, по Бесселю радіусъ земли равенъ 6377 клм., то, перемножая оба послѣднія числа, мы найдемъ, что разстояніе луны отъ земли равно 384,400 клм. Здѣсь въ первый разъ мы наталкиваемся на фактъ, который будетъ часто встрѣчаться намъ въ дальнѣйшемъ изложеніи, именно, что для какой либо астрономической величины гораздо легче и съ большей точностью можно найти относительное ея значеніе, чѣмъ абсолютное. Число, показывающее отношеніе разстоянія луны къ земному поперечнику можно опредѣлить сравнительно легко; для этого требуется всего нѣсколько наблюденій, произведенныхъ на одной и той же точкѣ земной поверхности, надъ измѣненіемъ парал-

лакса луны при прохожденіи ея отъ горизонта къ меридіану. Но если мы захотимъ полученное число выразить сколько-нибудь точно въ километрахъ, то неизбѣжны всѣ тѣ кропотливыя и трудныя работы, съ которыми мы раньше познакомились при описаніи градуснаго измѣренія. Конечно, здѣсь мы говоримъ объ опредѣленіи извѣстной величины въ конвенціонномъ (условномъ) метрѣ. Согласно первоначальному опредѣленію метра, какъ десятимилліонной части четверти окружности земного меридіана, намъ не требуется абсолютныхъ измѣреній, чтобы перевести небесныя разстоянія, найденныя параллактическими измѣреніями, въ километры; но, къ сожалѣнію, въ этомъ случаѣ мы не знаемъ съ точностью величины километра. Вслѣдствіе неточности истиннаго отношенія условнаго метра къ величинѣ земного поперечника, астрономы не выражаютъ найденныхъ разстояній въ километрахъ, миляхъ и т. д.: въ этомъ случаѣ въ результаты входила бы только лишняя неточность. Предпочтеніе отдается относительнымъ величинамъ, представляющимъ непосредственные результаты измѣренія.

Измѣренія параллакса луны, конечно, на практикѣ не производятся на самомъ горизонтѣ; этотъ случай мы здѣсь взяли только для наглядности, какъ простѣйшій. Обыкновенно избираютъ двѣ обсерваторіи, лежащія по возможности на одномъ меридіанѣ, но очень далеко другъ отъ друга, напр. обсерваторію на мысѣ Доброй Надежды и обсерваторію въ Берлинѣ. Первая лежитъ всего на 20 минутъ восточнѣе второй, а разность широтъ между ними равна почти $86^1/_2$ градусамъ. Прямая линія, проходящая черезъ тѣло земли между обѣими обсерваторіями (ея величину можно опредѣлить съ весьма большою точностью изъ градусныхъ измѣреній), служитъ базисомъ для этого тригонометрическаго измѣренія. Хотя измѣреніе здѣсь и выходитъ далеко за предѣлы земного шара, не смотря на то, оно можетъ быть произведено почти съ такою же точностью, какъ и на самой землѣ. Теорія показываетъ, что результаты становятся тѣмъ менѣе точны, чѣмъ меньше тотъ уголъ, который лежитъ въ недосягаемой вершинѣ колоссальнаго треугольника, въ данномъ случаѣ въ центрѣ луны. При тріангуляціонныхъ работахъ на землѣ никогда не былъ бы допущенъ уголъ треугольника меньше одного градуса, т. е. равный величинѣ луннаго параллакса. Къ сожалѣнію, при небесныхъ измѣреніяхъ у насъ нѣтъ выбора. Для всѣхъ другихъ небесныхъ свѣтилъ параллаксъ оказывается значительно меньше; напр., параллаксъ солнца равенъ всего 8,85 секунды. Какія обширныя и въ высшей степени точныя работы были необходимы, чтобы опредѣлить столь малый уголъ до сотой доли секунды, мы узнаемъ позднѣе.

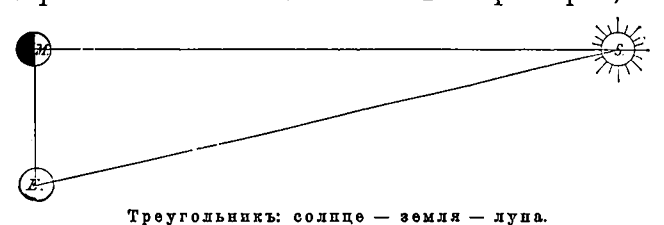


Дѣйствіе параллакса по отношенію къ лунѣ.

Изъ видимаго поперечника луны и соотвѣтственнаго ему параллакса мы можемъ тотчасъ же найти истинный поперечникъ луны, сначала

въ частяхъ земного поперечника а затѣмъ, пользуясь результатомъ градусныхъ измѣреній, и въ километрахъ. Возьмемъ тотъ же рисунокъ, изъ котораго мы вывели отношеніе для параллакса $r = d\ tg\pi$ (см. стр. 521), но пусть теперь r будетъ истинный радіусъ луны, а π — ея угловой радіусъ (т. е. уголъ, подъ которымъ усматривается изъ центра земли радіусъ луны). Для отличія отъ прежнихъ величинъ обозначимъ ихъ черезъ r_1 и D, тогда мы получимъ уравненіе: $r_1 = d\ tg\ D$. Оба уравненія намъ даютъ: $\frac{r}{r_1} = \frac{tg\,\pi}{tg\,D}$ или, такъ какъ D и π очень малые углы, для которыхъ тригонометрическія функціи пропорціональны угламъ, то можно написать: $\frac{r}{r_1} = \frac{\pi}{D}$. Это значитъ: истинный радіусъ небеснаго свѣтила относится къ радіусу земли, какъ параллаксъ свѣтила относится къ его угловому радіусу. Производя вычисленіе по этой формулѣ для луны, мы получаемъ: ея поперечникъ равенъ 0,273 поперечника земли или 3480 клм.

Вполнѣ понятно, что уже давно дѣлались попытки узнать что нибудь о разстояніи свѣтилъ отъ насъ. Аристархъ, ясные взгляды котораго на устройство мірозданія еще будутъ предметомъ нашего изумленія, первый близко подошелъ къ этой задачѣ путемъ геометрическихъ соображеній. Онъ правильно разсуждалъ, что въ моментъ наступленія первой и послѣдней четверти луны, т. е. когда нашъ спутникъ кажется точно раздѣленнымъ пополамъ и свѣтовая граница представляетъ прямую линію, уголъ при центрѣ луны между линіями, соединяющими луну съ солнцемъ и луну съ землей, долженъ быть прямой. Вообразимъ между тремя небесными свѣтилами треугольникъ (см. прил. рис.). Всѣ его углы будутъ извѣстны, если измѣрить на землѣ угловое разстояніе между положеніемъ солнца и луны. Зная углы треугольника, можно вычислить относительную длину его сторонъ, если принять одну изъ нихъ за единицу. Слѣдовательно, такимъ образомъ можно найти отношеніе разстоянія солнца отъ насъ къ разстоянію луны. Аристархъ сдѣлалъ попытку измѣрить уголъ между солнцемъ и луною во время первой четверти. Онъ нашелъ его равнымъ 87° и вывелъ отсюда, что солнце должно быть отъ насъ въ 18—20 разъ дальше луны. Правда, эта величина была ошибочна, потому что уголъ равенъ не 87°, а 89° 50′, вслѣдствіе чего отношеніе обоихъ разстояній оказывается равнымъ 1:344. Здѣсь мы опять имѣемъ примѣръ, какъ можно простымъ угловымъ измѣреніемъ точно опредѣлить отношеніе величинъ, которыя сами по себѣ неизвѣстны.



Треугольникъ: солнце — земля — луна.

Новѣйшія опредѣленія разстояній небесныхъ свѣтилъ мы разсмотримъ позднѣе.

---

5. Календарь.

Въ общественной жизни человѣчества, при объединеніи отдѣльныхъ личностей для общей работы, уже давно сказалась потребность раздѣлить время отъ восхода до заката солнца на особыя части. Точно также скоро почувствовалась необходимость систематически сгруппировать самые дни такимъ образомъ, чтобы можно было заранѣе назначать время празднествъ (какъ это было въ обычаѣ въ извѣстныхъ странахъ), когда народъ собирался въ одно общее мѣсто. Для оповѣщенія цѣлой страны наиболѣе

точнымъ и всѣмъ замѣтнымъ средствомъ было измѣненіе луны, которую каждый могъ наблюдать ночью, особенно въ южныхъ странахъ, гдѣ и развились начатки культуры. Поэтому луна въ началѣ времясчисленія у всѣхъ народовъ была единственнымъ регуляторомъ календаря и до сихъ поръ еще осталась имъ у магометанъ. Синодическій мѣсяцъ обратился такимъ образомъ въ слѣдующую, высшую послѣ дня единицу времени. Сперва опредѣляли начало мѣсяца каждый разъ прямымъ наблюденіемъ перваго появленія луннаго серпа. Но скоро увидѣли, что онъ довольно правильно появлялся поочередно или черезъ 29, или черезъ 30 дней, такъ какъ синодическій мѣсяцъ только на 44 минуты больше $29^1/_2$ дней. Такимъ то образомъ мѣсяцы оказались различной длины. Иногда, благодаря дурной погодѣ, было трудно сказать, былъ ли извѣстный день послѣднимъ днемъ предыдущаго мѣсяца или первымъ днемъ слѣдующаго. Поэтому въ концѣ концовъ начало мѣсяца каждый разъ опредѣлялось и оповѣщалось жрецамъ. Отъ слова „calare", провозглашать, первый день у римлянъ былъ названи calendae; отсюда же и наше названіе календаря. Такое провозглашеніе осталось въ обычаѣ у магометанъ, у которыхъ мѣсяцъ, какъ и у евреевъ, всегда начинается черезъ день послѣ новолунія. Четыре четверти луны, которыя слѣдуютъ одна за дрогою приблизительно черезъ семь дней, быть можетъ, опредѣлили величину недѣли. Неточность относительно начала мѣсяца которая была вполнѣ естественна на пространствѣ большой страны, пока не существовало опредѣленныхъ условныхъ правилъ и руководились исключительно прямымъ наблюденіемъ неба, повела къ обычаю праздновать большіе праздники всегда два дня, чтобы пришедшіе издалека могли по крайней мѣрѣ одинъ день принять участіе въ праздновaніи.

Земледѣльческіе народы, прежде всего египтяне, вскорѣ почувствовали необходимость составить календарь, который согласовался бы съ солнцемъ, а не съ луною, такъ какъ въ полевыхъ работахъ приходилось исключительно руководиться положеніемъ солнца. Поэтому пришли къ тому, что нѣсколько мѣсяцевъ соединили въ одинъ годъ, т. е. установили еще бо́льшую единицу времени. Что дѣленія времени на года въ нашемъ смыслѣ не существовало въ глубокой древности, а мѣсяцъ игралъ роль года, видно между прочимъ изъ библейскихъ данныхъ относительно необычайно преклоннаго возраста многихъ патріарховъ, — девятьсотъ и болѣе лѣтъ. Вполнѣ вѣроятно, что здѣсь подъ словомъ годъ мы должны подразумѣвать мѣсяцъ.

Однако, измѣреніе истиннаго солнечнаго года то солнечнымъ днемъ, то временемъ обращенія луны, натолкнулось на значительныя затрудненія, потому что три періода, принимаемые въ разсчетъ, день, мѣсяцъ и годъ, нельзя было подвести подъ отношенія, выражаемыя цѣлыми числами. Въ древней Греціи удовольствовались тѣмъ, что соединили 12 мѣсяцевъ, содержащихъ поочередно 29 и 30 дней, въ одинъ годъ, который имѣлъ 354 дня. Турки до сихъ поръ удержали этотъ простой календарь; они ввели только еще одинъ высокосный годъ въ 355 дней, чтобы лучше достигнуть согласія съ движеніемъ луны. Мѣсяцы въ 30 дней они назвали полными, а въ 29 дней — пустыми. Если считать солнечный годъ круглымъ числомъ въ 365 дней, то ежегодно придется отставать отъ положенія солнца на 11 дней, Чтобы помочь этому злу, Солонъ, вѣроятно, въ 594 г. до Р. X. постановилъ, что черезъ каждые два года долженъ вставляться полный 13-й мѣсяцъ. Благодаря этому въ среднемъ годъ имѣлъ 369 дней, т. е. получалась ошибка всего въ 4 дня вмѣсто прежнихъ 11, и средній мѣсяцъ равнялся 29,52 днямъ, т. е. былъ вѣренъ до четверти часа.

Но ошибка въ 4 дня должна была скоро стать очень замѣтной. Поэтому въ 433 г, до Р. X. былъ принятъ циклъ, предложенный аѳинскимъ

астрономомъ Метономъ. Въ этомъ циклѣ были вполнѣ приняты въ разсчетъ движенія солнца и луны, по скольку они тогда были извѣстны. Циклъ Метона, который и теперь еще играетъ нѣкоторую роль, обнимаетъ 19 солнечныхъ годовъ, въ теченіе которыхъ чередовались, какъ обыкновенно мѣсяцы въ 29 и 30 дней, но въ 3, 5, 11, 13, 16, 19 годахъ вставлялся одинъ лишній мѣсяцъ. Кромѣ того черезъ извѣстные промежутки слѣдовали непосредственно другъ за другомъ два полныхъ мѣсяца въ 30 дней. Такимъ образомъ циклъ Метона обнималъ 234 мѣсяца или 6940 дней. Средній мѣсяцъ равнялся 29,532 днямъ т. е. былъ только на 2 минуты больше, чѣмъ слѣдуетъ. Годъ равнялся 365,263 днямъ, т. е. былъ длиннѣе на полчаса.

Евреи еще до сихъ поръ придерживаются цикла Метона. Благодаря дальнѣйшимъ вставкамъ, средній мѣсяцъ евреевъ всего на полсекунды отличается отъ дѣйствительнаго синодическаго времени обращенія луны. Остальныхъ, очень сложныхъ подробностей еврейскаго календаря, которыя имѣютъ чисто религіозное значеніе, мы касаться не будемъ. Замѣчательно, что годичное дѣленіе, подобное Метонову, судя по китайскимъ лѣтописямъ, уже въ 2600 г. до Р. Х. было введено въ срединномъ царствѣ.

Но такая организація календаря съ теченіемъ времени оказалась съ одной стороны далеко непростою, а съ другой — недостаточно точною. Кромѣ того греческое времясчисленіе перешло къ римлянамъ въ очень несовершенномъ видѣ, такъ что во время Юлія Цезаря весеннее равноденствіе, съ котораго обыкновенно тогда начинали годъ, приходилось на 85 полныхъ дней позднѣе, чѣмъ показывалъ календарь. Великій полководецъ захотѣлъ внести порядокъ и въ эту область, и съ этой цѣлью обратился къ астроному Созигену изъ Александріи, которая въ то время, какъ научный центръ, была въ полномъ разцвѣтѣ. Такъ совершилась извѣстная юліанская реформа календаря, которая была введена въ 707 году римской эры или въ 47 г. до Р. Х. Прежде всего къ этому году были присоединены 85 дней, чтобы опять прійти въ соотвѣтствіе съ движеніемъ солнца. Можно думать, что это вызвало въ общественной жизни нѣкоторыя затрудненія, почему этотъ годъ и названъ былъ годомъ путаницы. Самымъ существеннымъ въ реформѣ былъ разрывъ съ луннымъ годомъ, что было необходимо въ цѣляхъ большей простоты календаря. При точной организаціи календаря не было уже необходимости узнавать число мѣсяца прямо по небу, какъ это приходилось дѣлать раньше, такъ какъ теперь каждый могъ имѣть календарь въ домѣ. Чтобы по возможности остаться съ солнцемъ въ согласіи, годъ стали считать въ 365 дней, но при этомъ къ каждому четвертому году прибавляли лишній день. Юліанскій средній годъ имѣлъ слѣдовательно 365 дней 6 часовъ и былъ на 11 минутъ 4 секунды больше, чѣмъ слѣдуетъ. Подраздѣленіе на мѣсяцы осталось, но къ 11 мѣсяцамъ прибавили по одному дню, чтобы 354 дня луннаго года свести на 365 дней юліанскаго. Такимъ образомъ произошло обычное для насъ чередованіе числа дней въ мѣсяцахъ между 30 и 31, за исключеніемъ одного мѣсяца февраля, который тогда былъ послѣднимъ мѣсяцемъ въ году. Это чередованіе, которымъ разсчитывали первонально достичь соотвѣтствія съ движеніемъ луны, сохранилось, какъ остатокъ, и до нашего времени, только теперь оно своей первоначальной задачи вовсе не выполняетъ. Поэтому было бы, пожалуй, вполнѣ умѣстно порвать вовсе съ этой стариной, въ настоящее время утратившей всякій смыслъ.

Итакъ, Юліанскій календарь въ своей первоначальной формѣ не имѣлъ никакого отношенія къ лунѣ. Только послѣ того какъ онъ былъ принятъ христіанами, опять въ календарь была введена зависимость отъ движенія луны, такъ какъ изъ еврейскаго календаря заимствовано было опредѣленіе

праздника Пасхи. Никейскій соборъ въ 325 г. постановилъ, что весеннее равноденствіе всегда должно падать на 21 марта юліанскаго календаря, *) а Пасха на воскресенье, слѣдующее за первымъ полнолуніемъ послѣ этого числа.

Такъ какъ юліанскій средній годъ въ 365 дней 6 часовъ, на одну сто двадцать девятую часть длиннѣе тропическаго года, то черезъ нѣсколько столѣтій вновь замѣтили, что оказалась ошибка въ счисленіи времени сравнительно съ движеніемъ солнца. Поэтому съ 13 столѣтія все чаще появляются предложенія произвести новую реформу календаря. Папы очень заинтересовались реформою календаря, и наконецъ Григорій XIII предпринялъ ее въ 1582 г. Была созвана въ Римѣ комиссія ученыхъ, которая и рѣшила, что накопившаяся разница въ десять дней должна быть удалена изъ календаря 1582 года исключеніемъ дней отъ 5 до 14 октября; а чтобы впослѣдствіи такія выравниванія приходилось дѣлать только черезъ весьма большіе промежутки времени, то рѣшено послѣдній годъ каждаго полнаго столѣтія, число сотенъ въ которомъ не дѣлится на четыре, не считать високоснымъ. Поэтому 1600 г, какъ обыкновенно, былъ високосный, но 1700, 1800 не были високосными, не будетъ високоснымъ и 1900, а только 2000 годъ. Средняя ежегодная ошибка юліанскаго календаря въ 11 минутъ 14 секундъ была этимъ уменьшена до 22 секундъ. Она приблизительно только въ 3900 году будетъ равна одному дню, такъ что Грегоріанскій календарь на долгое время будетъ удовлетворять всѣмъ требованіямъ жизни.

Однако, прошло много времени, прежде чѣмъ эта новая реформа нашла распространеніе. Какъ извѣстно, православныя государства еще до сихъ поръ сохранили юліанскій календарь, такъ что, напр., въ Россіи въ настоящее время отстали отъ нашего календаря на двѣнадцать дней. Съ начала будущаго столѣтія, вслѣдствіе того, что въ 1900 году у насъ выпадаетъ високосный день, въ Россіи же нѣтъ, разница возрастетъ до 13 дней. Въ свое время были области, въ особенности протестантскія, которыя, вслѣдствіе споровъ съ католиками, предпочитали держаться языческаго календаря Юлія Цезаря, только бы не принимать календаря, навязаннаго папой. Лишь благодаря горячему старанію Лейбница и другихъ, новый календарь былъ введенъ въ 1700 г. въ Германіи. Большія затрудненія вызвала также реформа календаря въ Англіи, гдѣ новый годъ по старымъ обычаямъ все еще начинался съ весенняго равноденствія 26 марта. Поэтому, когда въ 1751 г. тамъ наконецъ было рѣшено принять новый календарь, этотъ годъ сократился почти на три мѣсяца.

Опредѣленіе праздника Пасхи не измѣнилось грегоріанской реформой. Однако русская Пасха приходится не на тотъ день, какъ въ западной Европы, потому что время весенняго равноденствія по-греческому календарю иное, а потому и такъ называемое пасхальное полнолуніе можетъ различаться на цѣлый синодическій мѣсяцъ. Для опредѣленія числа грегоріанской (католической или протестантской) пасхи, Гауссъ въ свое время далъ простое правило, которое мы приведемъ здѣсь, не выясняя его связи съ соотвѣтственными церковными предписаніями. Раздѣлимъ число даннаго года на 19 и остатокъ обозначимъ черезъ a; затѣмъ раздѣлимъ на 4 и остатокъ обозначимъ b; наконецъ, на 7 и остатокъ обозначимъ c. Теперь помножимъ a на 19, прибавимъ нѣкоторое число x, которое мѣняется съ столѣтіемъ и будетъ указано ниже. Полученное такимъ образомъ число раздѣлимъ на 30, остатокъ назовемъ d; далѣе сложимъ $2b + 4c + 6d + y$ (число, которое тоже измѣняется съ столѣтіемъ). Сумму раздѣлимъ на 7 и

*) Едва-ли авторъ вѣрно цитируетъ постановленіе Никейскаго Собора.
С. Глазенапъ.

назовемъ остатокъ e. Число пасхи тогда будетъ марта $22 + d + e$. Числа x и y суть

	1583—1699	1700—1799	1800—1899	1900—2099
x =	22	23	23	24
y =	2	3	4	5

Для юліанскаго календаря, т. е. для Св. Православной пасхи, примѣнима та же формула, только x всегда равенъ 15, а $y = 6$.

Изъ сотвѣтственныхъ правилъ оказывается, что пасхальное воскресенье можетъ колебаться между 22 марта и 25 апрѣля. Такъ какъ нѣкоторыя установленныя порядки, какъ напр., школьныя четверти, должны согласоваться съ пасхальными праздниками, то значительныя колебанія этого числа ведутъ къ неудобствамъ, устраненіе которыхъ было бы очень желательно. Въ виду этихъ колебаній времени Пасхи и указаннаго произвольнаго неравенства длины мѣсяцевъ, все чаще и чаще высказываются голоса за новую реформу календаря. Съ предстоящей смѣной столѣтія стремятся ввести новый календарь, къ которому, быть можетъ, примкнутъ и православныя государства.

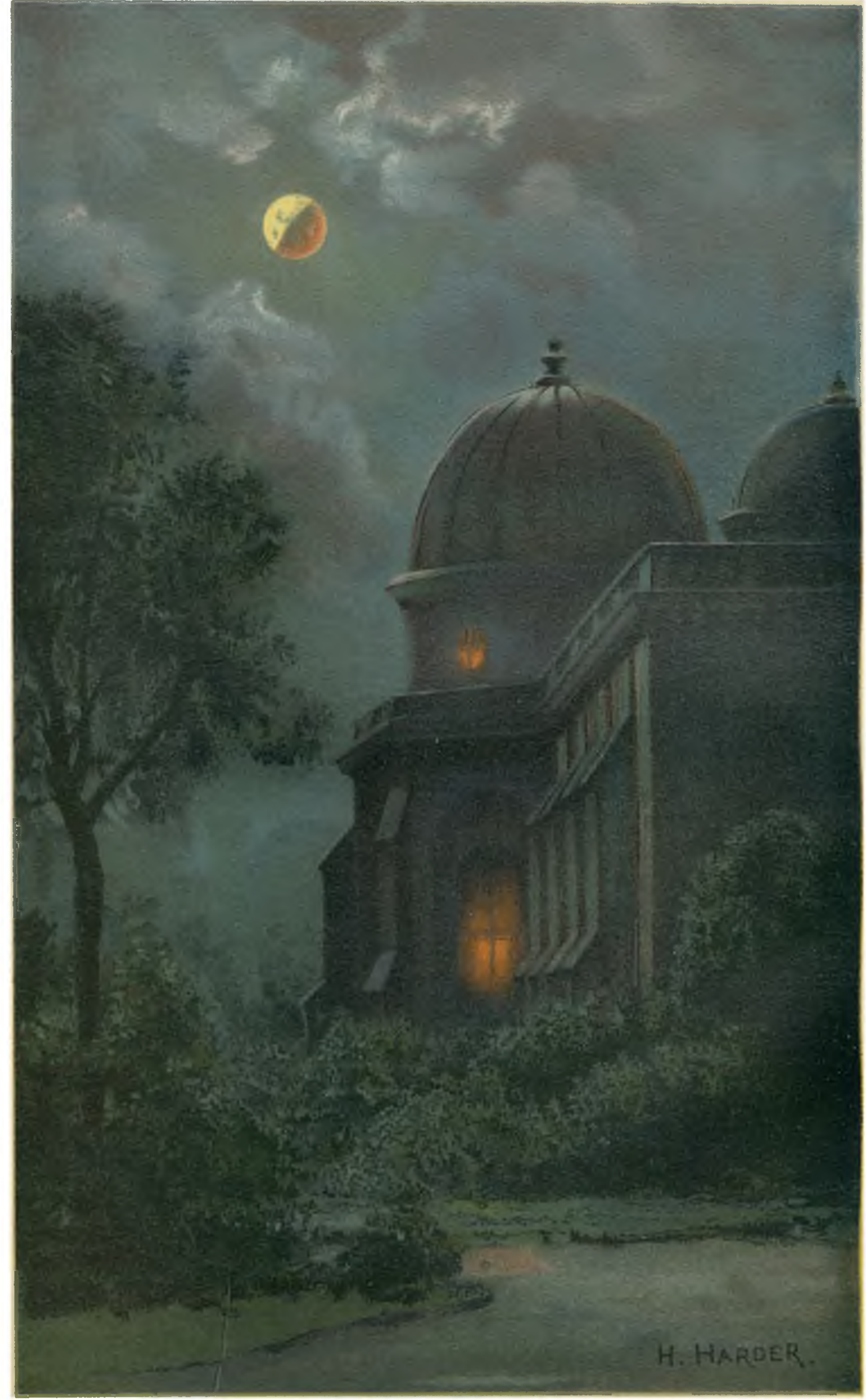
Мы не можемъ заключить этой главы, не упомянувъ въ нѣсколькихъ словахъ о календарѣ французской революціи, который былъ введенъ насильно, какъ всѣ акты того времени, безъ всякаго внутренняго оправданія и потому не могъ просуществовать долго. Въ астрономическомъ отношеніи этотъ календарь не имѣетъ никакого значенія. Новый годъ этого календаря былъ раздѣленъ на 12 мѣсяцевъ съ новыми названіями, каждый по 30 дней, къ которымъ присоединялись 5, а въ високосный годъ 6 уравнительныхъ праздничныхъ дней (jours sanculottistes). 30 дней мѣсяца были раздѣлены на 3 десятидневныхъ недѣли, но дополнительные 5—6 дней оставались внѣ этихъ декадъ. Этотъ календарь существовалъ въ 1792—1806 гг., и былъ крайне непопуляренъ, такъ что послѣ смѣлыхъ нападокъ Лаланда всѣ съ большою радостью вновь вернулись къ грегоріанскому календарю.

---

6. Лунныя и солнечныя затменія.

Существенной частью календаря въ древности, какъ и теперь, были указанія затменій луны и солнца на данный годъ. Календарь всегда былъ тѣсно связанъ съ религіозными обычаями, кромѣ того всякая религія начиналась съ почитанія свѣтилъ (см. введеніе); поэтому затменія всегда имѣли особенно выдающееся значеніе и вызывали ужасъ въ народѣ. Если теперь они и потеряли свое значеніе въ этомъ отношеніи, то все же они принадлежатъ къ интереснѣйшимъ явленіямъ, какія только представляетъ намъ небесный сводъ.

Какъ лунныя, такъ и солнечныя затменія могутъ быть частными или полными. Каждому полному затменію предшествуетъ частная фаза, и оканчивается оно также частной фазой. При лунномъ затменіи, которое, какъ извѣстно, наступаетъ только въ полнолуніе, мы видимъ, какъ вполнѣ освѣщенный дискъ медленно затемняется съ восточной стороны. Очень рѣдко однако, свѣтъ луны исчезаетъ вполнѣ: большею частью явленіе имѣетъ такой видъ, какъ будто луна скрывается за какой-нибудь красноватый просвѣчивающій дискъ, сквозь который можно все-таки различать главнѣйшія образованія ея поверхности. Впечатлѣніе, какое при этомъ производитъ частное лунное затменіе на нашъ глазъ, передано на прилагаемомъ раскрашенномъ рисункѣ. При дальнѣйшемъ ходѣ явленія луна какъ бы все далѣе уходитъ за этотъ дискъ, очертаніе котораго неизмѣнно остается частью круга съ поперечникомъ приблизительно въ два съ поло-



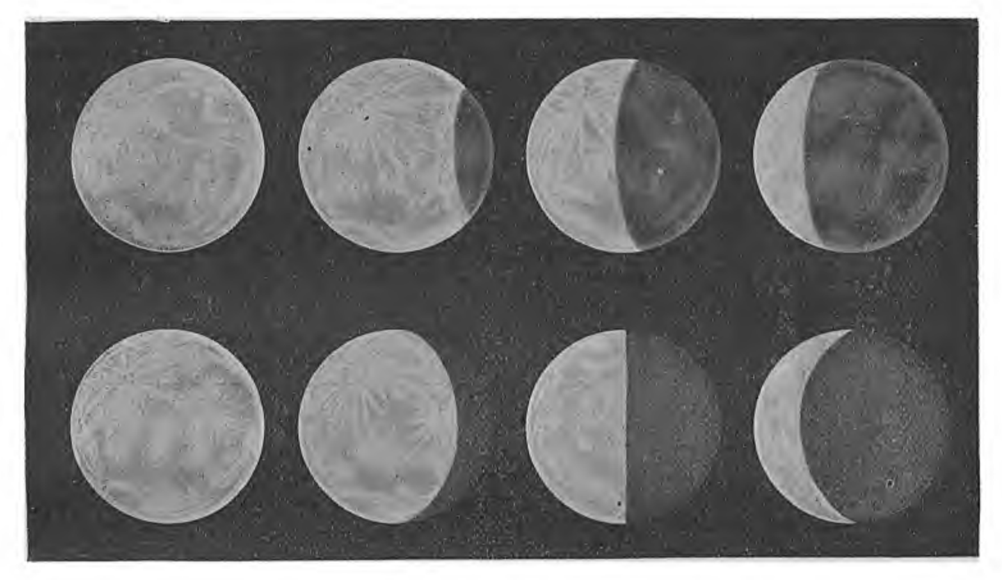
Міроизданіе. Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

ЧАСТНОЕ ЛУННОЕ ЗАТМЕНІЕ.

(По картинѣ Г. Гардера.)

виною раза больше, чѣмъ поперечникъ луннаго диска. Ослабленіе полнаго свѣта здѣсь совершается иначе, чѣмъ во время обычной смѣны фазъ, какъ можно видѣть на прилагаемомъ рисункѣ. Однако, не всегда луна проходитъ позади этого кажущагося диска такимъ образомъ, что оба центра встрѣтятся, какъ напр., на нашемъ рисункѣ. Въ большинствѣ случаевъ она остается нѣсколько выше или ниже его, такъ что часто не затемняется вполнѣ. Такимъ образомъ лунныя затменія могутъ быть трехъ различныхъ родовъ: полноцентральныя, полныя и частныя.

Красное освѣщеніе, появляющееся въ это время на лунной поверхности вызывается тѣнью земли. Если бы земля не была окружена атмосферою, то тѣнь, которую она отбрасываетъ отъ себя, была бы совершенно



Фазы луннаго затменія и обычныя лунныя фазы.

черной. Нѣтъ никакой другой причины, вслѣдствіе которой могъ бы появляться на лунѣ свѣтъ какого бы то ни было рода, какъ только перестанутъ доходить до нея лучи солнца. На лунномъ небѣ лучистый дискъ солнца стоитъ прямо на фонѣ темнаго, какъ ночь, неба, на которомъ звѣзды свѣтятъ и днемъ. Голубой цвѣтъ нашего земного неба происходитъ отъ разсѣянія свѣта въ нашей атмосферѣ. Можетъ быть, въ окраскѣ его еще принимаетъ участіе собственный голубой цвѣтъ воздуха или носящихся въ немъ водяныхъ паровъ. На лунѣ воздуха нѣтъ, а если есть, то въ такомъ маломъ количествѣ, что его оптическія дѣйствія на поверхности луны должны быть столь же мало замѣтны, какъ съ нашей земли, гдѣ мы при помощи тончайшихъ измѣреній не легко можетъ открыть слѣды его присутствія. Слѣдовательно, когда дискъ солнца зайдетъ за земной дискъ, превышающій его въ $3^3/_4$ раза, то на лунѣ не останется сумеречнаго свѣта, какъ это бываетъ на землѣ при солнечномъ затменіи. Небо будетъ казаться темнымъ, какъ показано на нашемъ идеальномъ изображеніи солнечнаго затменія на лунѣ (см. соотв. раскраш. таблицу. На землѣ въ это время происходитъ лунное затменіе. На нашемъ изображеніи выбранъ тотъ моментъ, когда для луны какъ разъ начинается полная фаза солнечнаго затменія; только нѣсколько лучей солнечной короны выдаются изъ-за края земного диска. На лѣвой сторонѣ ландшафта полное затменіе еще не наступило, солнце ярко освѣщаетъ здѣсь неправильно разорванный валъ

кратера. Справа быстро надвигается тѣнь земли и переходитъ черезъ широкую разсѣлину лунной борозды, зіяющую на переднемъ планѣ. Земля въ это время, должна быть обращена къ лунѣ темной стороной, такъ какъ она стоитъ какъ разъ между солнцемъ и луною. Она окружена сумеречнымъ поясомъ, въ которомъ мы на землѣ наблюдаемъ игру цвѣтовъ утреннихъ и вечернихъ сумерекъ. Такимъ образомъ край земного диска для другихъ жителей вселенной представляетъ болѣе или менѣе красноватую окраску смотря по тому, какое количество водяныхъ паровъ, присутствіе которыхъ вызываетъ явленіе цвѣтныхъ сумерекъ, находится въ соотвѣтственныхъ областяхъ атмосферы. Этотъ-то красный край и бросаетъ свой свѣтъ въ область земной тѣни, а во время затменія луны этотъ свѣтъ попадаетъ на ея поверхность.

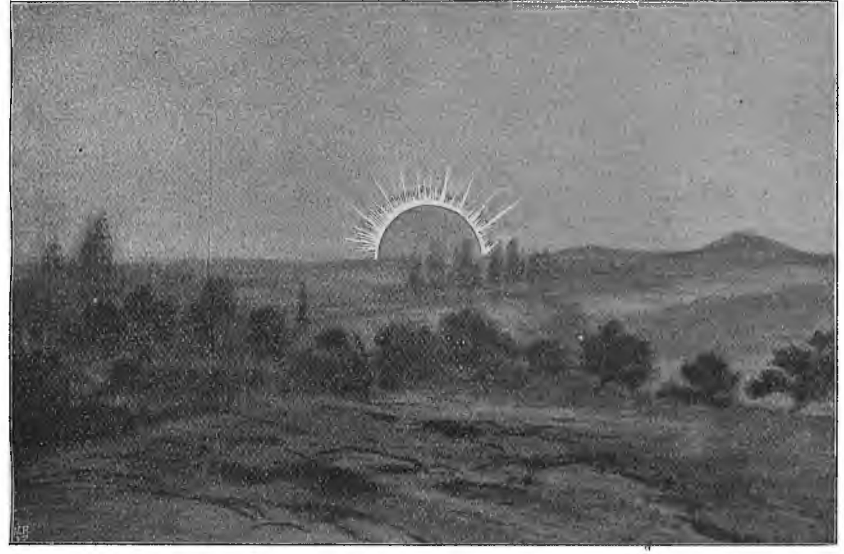
Согласно данному объясненію, густота краснаго цвѣта затемненной луны бываетъ различна при отдѣльныхъ затменіяхъ и не подчиняется какому-либо опредѣленному правилу. Иногда окрашиванія совершенно не бываетъ, такъ что луна становится почти невидимой, иногда же оно имѣетъ голубоватый оттѣнокъ. Такъ какъ относительно причины этого краснаго свѣта не можетъ быть никакого сомнѣнія, то нашему цвѣтному ландшафту нельзя отказать въ извѣстной долѣ правды; можно даже въ нѣкоторомъ смыслѣ утверждать, что онъ взятъ „съ натуры". Средства, какія даетъ точное изслѣдованіе, помогли намъ здѣсь перенестись мысленно на другой міръ. Съ характеромъ лунной поверхности мы уже познакомились въ одной изъ предыдущихъ главъ. Художникъ и представилъ его соотвѣтственно дѣйствительности, только измѣнивъ всѣ очертанія въ отношеніи перспективы. Видимую величину земли на лунномъ небѣ сравнительно съ величиною солнца можно совершенно точно найти изъ опредѣленій параллакса, о которыхъ мы уже говорили не разъ. Темная окраска неба, переданная на рисункѣ, доказывается отсутствіемъ преломленія лучей по краю луны. Распространеніе краснаго сіянія по лунной поверхности мы наблюдаемъ прямо въ наши телескопы: такъ это и изображено на рисункѣ для нѣкоторой части лунной поверхности.

Этому изображенію солнечнаго затменія на лунѣ соотвѣтствуютъ и тѣ процессы, при которыхъ происходитъ солнечное затменіе у насъ; только въ послѣднемъ случаѣ луна помѣщается между солнцемъ и землею. Но такъ какъ видимые поперечники обоихъ небесныхъ свѣтилъ мало отличаются другъ отъ друга и кромѣ того они мѣняются, вслѣдствіе измѣненія нашего разстоянія отъ этихъ свѣтилъ, то можетъ случиться, при условіяхъ, которыя мы разсмотримъ впослѣдствіи ближе, что центральное солнечное затменіе окажется неполнымъ, именно тогда, когда видимый поперечникъ луны будетъ меньше видимаго поперечника солнца. Поэтому, кромѣ частныхъ солнечныхъ затменій, мы различаемъ полное и кольцеобразное.

Частныя солнечныя затменія, какъ и лунныя, не представляютъ особеннаго интереса для астрономовъ. Наблюденіе начала и конца луннаго затменія еще имѣло нѣкоторое значеніе до изобрѣтенія телеграфа. Эти моменты наступали для всей земли въ одни и тѣ же физическіе моменты, такъ что ими могли пользоваться, какъ сигналомъ, для опредѣленія географической долготы (см. стр. 514). Теперь это средство дало бы слишкомъ неточные результаты. Поэтому лунными затменіями пользуются только съ одною цѣлью: пока затменіе длится, стараются наблюдать прохожденіе луны передъ неподвижными звѣздами, которыя свѣтятъ такъ слабо, что вблизи освѣщеннаго луннаго диска исчезаютъ даже при наблюденіи въ телескопъ. Но частными солнечными затменіями нельзя пользоваться даже и для этой или другой подобной цѣли.

За то полныя затменія нашего дневного свѣтила представляютъ цѣлый рядъ столь замѣчательныхъ явленій и даютъ для астрономическихъ

наблюденій столь рѣдкій случай, что эти небесныя явленія надолго останутся предметомъ тщательно снаряжаемыхъ экспедицій. Только въ срединѣ нашего столѣтія эти явленія начали возбуждать общій интересъ астрономовъ, именно, начиная съ полнаго солнечнаго затменія 1842 года, полную фазу котораго можно было наблюдать во всей Европѣ и Азіи. Тогда въ первый разъ обратили вниманіе на описанные уже протуберанцы и корону (стр. 290 и сл.), о значеніи которыхъ скоро загорѣлись оживленные споры. Слѣдующія полныя солнечныя затменія, наблюденіями которыхъ занялось еще больше астрономовъ, постепенно разрѣшали соотвѣтственные вопросы, какъ это мы выяснили въ главѣ о солнцѣ. При затменіи 1860 года, когда Плантамуръ сдѣлалъ изображенія короны и протуберанцевъ, данныя нами на таблицѣ въ главѣ о солнцѣ, были впервые получены хорошіе не-



Солнце во время затменія $^{7}/_{19}$ авг. 1887 г., вблизи Кифгейзера, см. стр. 532.

гативы солнца, во время затменія. Первая дагерротипія затменія была получена еще въ 1851 г. Для наблюденія затменія 18 августа 1868 года различныя государства снарядили дорого стоющія экспедиціи. Тогда Жансенъ впервые примѣнилъ спектроскопъ и увидѣлъ свѣтлыя линіи протуберанцевъ. Спектроскопическое наблюденіе съ этого времени пріобрѣтаетъ большее распространеніе и значеніе. Затменіе 22 декабря 1870 г подробно было изслѣдовано выдающимися спектроскопистами. Интересно указать здѣсь, что Жансенъ, который находился тогда въ Парижѣ, осажденномъ нѣмцами, не желая упустить рѣдкаго случая для наблюденія (Парижъ не находился въ полосѣ полной фазы), счастливо вылетѣлъ изъ осажденнаго города на воздушномъ шарѣ, чтобы только попасть въ область полнаго затменія.

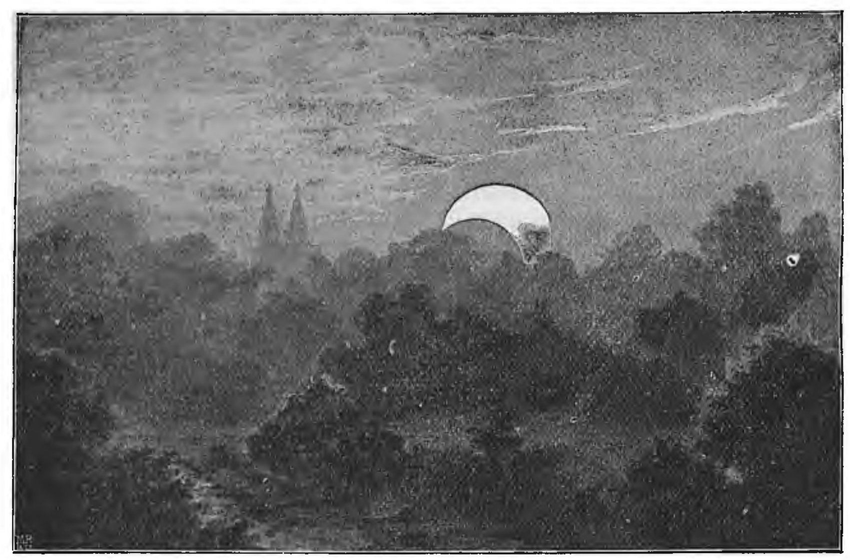
Послѣ затменія 29 іюля 1878 года въ программѣ для наблюденія затменій прибавился новый объектъ. Американецъ Ватсонъ въ моментъ полной фазы видѣлъ вблизи солнца красныя свѣтящіяся точки, которыя онъ принялъ за интрамеркуріальныя планеты. На основаніи теоретическихъ соображеній, Леверрье давно подозрѣвалъ существованіе такихъ маленькихъ близкихъ къ солнцу свѣтилъ и вмѣстѣ съ тѣмъ предвидѣлъ, что ихъ, вѣроятно, можно открыть только во время полнаго солнечнаго затменія. Правда, позднѣе Петерсъ въ Клинтонѣ (Сѣв. Америка) призналъ наблюденіе Ватсона ошибочнымъ, однако не переставали пользоваться слу-

чаемъ полныхъ солнечныхъ затменій для отысканія этихъ загадочныхъ свѣтилъ, но безъ успѣха. Затменіе 16 мая 1882 г., видимое въ Египтѣ, выдвинуло за то вопросъ о существованіи другихъ тѣлъ, которыя только мимо-



Солнце во время затменія 7/19 авг. 1887 г., при восходѣ въ Берлинѣ, см. стр. 532.

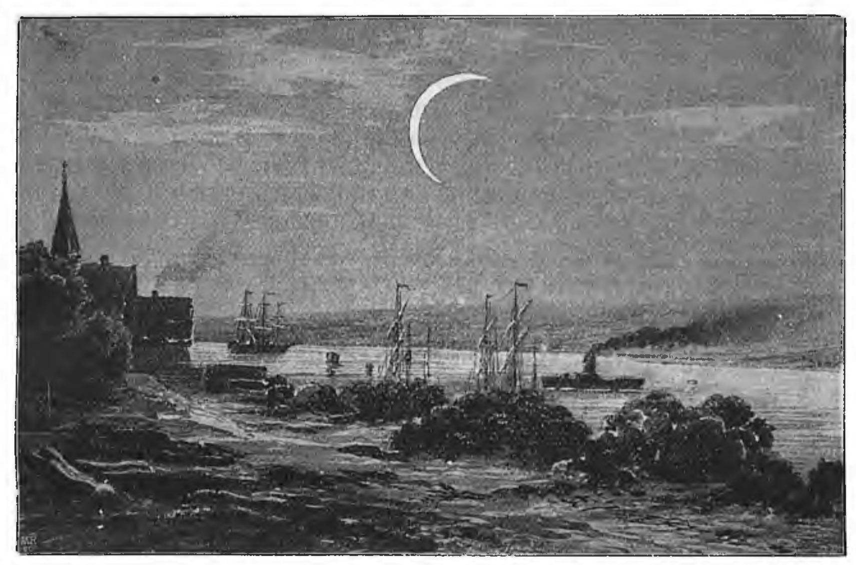
летно оказываются около солнца и держатся такъ близко около него, что въ другія времена совершенно скрываются въ его лучахъ. Тогда на фотографической пластинкѣ была открыта комета Хедива, которая дала поводъ къ со-



Солнце во время затменія 7/19 авг. 1887 г., при восходѣ въ Кельнѣ, см. стр. 532.

ображеніямъ, изложеннымъ уже въ другомъ мѣстѣ этой книги (см. стр. 209). Вскорѣ затѣмъ затменіе 7/19 августа 1887 года вызвало въ Германіи живѣйшій интересъ, такъ какъ полоса полнаго затменія проходила по сѣверной Германіи, въ особенности надъ Берлиномъ. Къ сожалѣнію, неблаго-

пріятная погода зло обманула ожиданія сотни тысячъ зрителей, которые раннимъ утромъ съ напряженнымъ вниманіемъ готовились наблюдать рѣдкое небесное зрѣлище. Изъ слѣдующихъ полныхъ затменій можно еще



Солнце во время затменія 7/19 авг. 1887 г., наибольшая фаза въ Килѣ, см. стр. 532.

назвать затменіе 7 января 1889 года, которое было видимо въ Сѣверной Америкѣ и наблюдалось тамъ съ большимъ успѣхомъ, и затменіе 16 апрѣля 1893 года, которое было полнымъ для южной Америки и Африки. Для

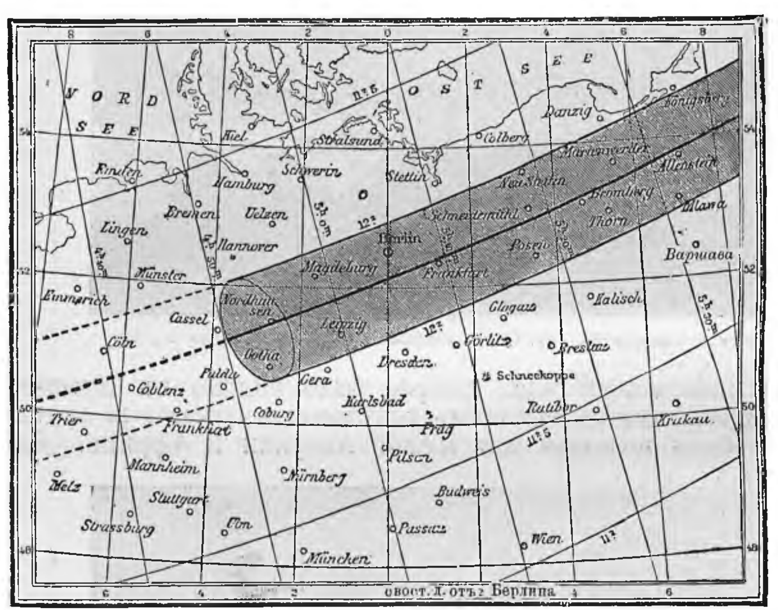


Солнце во время затменія 7/19 авг. 1887 г., наибольшая фаза въ Вѣнѣ, см. стр. 532.

послѣдняго затменія Ликская обсерваторія отправила экспедицію въ Чилійскія Анды. Фотографія солнечной короны, снятая во время послѣдняго изъ названныхъ затменій, дана на нашей геліогравюрѣ къ стр. 46. 9 августа 1896 года; тѣнь луны прошла надъ самыми сѣверными областями Норвегіи,

но въ этотъ день также почти по всей линіи была дурная погода; только въ Лапландіи удалось произвести хорошія нвблюденія и получить фотографіи. Одну изъ немногихъ фотографій, которыя изображаютъ состояніе солнечной короны въ настоящую эпоху, мы воспроизвели на нашей геліогравюрѣ рядомъ съ только что названной. Она была снята Вучиховскимъ при помощи объектива, имѣющаго отверстіе въ 16,3 см., при экспозиціи всего въ 0,5 секунды.

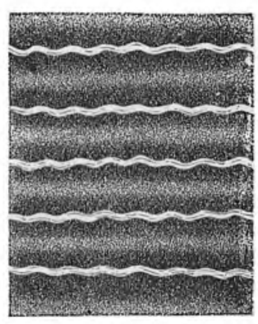
Изъ рисунковъ (см. прилагаемые рисунки, на стр. 529, 530 и 531) можно видѣть, какими представляются такія затменія. Въ Берлинѣ 19 августа 1887 года солнце взошло въ видѣ узкаго серпа, выпуклая сторона котораго была обращена налѣво внизъ; серпъ становился все меньше и меньше, пока не наступилъ моментъ полной фазы. Послѣ этого серпъ сталъ виденъ съ другой стороны, т. е. былъ обращенъ направо вверхъ; онъ видимо увеличивался, пока, по истеченіи приблизительно одного часа, не миновала и частная фаза. Въ Кельнѣ явленіе имѣло совершенно иной видъ. Тамъ солнце взошло въ видѣ серпа, обращеннаго выпуклостью направо кверху, и затѣмъ все продолжало увеличиваться; слѣдовательно явленіе здѣсь представляло только ту часть, которая въ Берлинѣ слѣдовала за полной фазой. Въ области Германіи, лежащей между этими пунктами, напр., въ Киффгейзерѣ около Нордгаузена, солнце взошло въ полной фазѣ, а далѣе затменіе протекло такъ же, какъ въ Берлинѣ. Иначе представлялось это явленіе къ сѣверу и къ югу отъ извѣстнаго пояса; напр., въ Килѣ солнце не затемнялось вполнѣ, но оставался узкій серпъ, который, достигнувъ наименьшей величины, былъ обращенъ выпуклостью налѣво вверхъ. Совершенно обратный видъ онъ представлялъ въ Вѣнѣ, гдѣ выпуклость наименьшей фазы обращена была вправо внизъ. На прилагаемой здѣсь картѣ область, гдѣ было полное затменіе, покрыта темными штрихами. Линіи, идущія сверху внизъ въ косомъ направленіи, указываютъ начало полнаго затменія; промежутокъ между ними соотвѣтствуетъ 10 минутамъ. Мы видимъ, что чѣмъ восточнѣе мѣстность, тѣмъ затменіе наступало позднѣе. Сверху и снизу параллельно поясу центральнаго затменія, идутъ линіи, съ обозначенімъ 11,5 дм. 11 дм. Онѣ указываютъ величину затменія въ этихъ областяхъ по старому способу въ „дюймахъ“. 12 „дюймовъ“ при этомъ обозначаютъ полный поперечникъ солнца.



Ходъ лунной тѣни во время солнечнаго затменія $^7/_{19}$ авг. 1887 г.

Наступленіе полной фазы затменія часто можно узнать по тому, что

солнечный серпъ съ большой быстротой превращается въ тонкую свѣтлую нить, которая мѣстами разрывается. Получается образованіе, напоминающее нить бусъ или четокъ. Происходитъ это отъ неровностей надвигающагося луннаго края, т. е. отъ лунныхъ горъ. Благодаря иррадіаціи (см. стр. 40) солнечный дискъ кажется увеличеннымъ; тамъ, гдѣ темный лунный край начинаетъ покрывать дискъ солнца, дѣйствіе иррадіаціи прекращается: въ другихъ же мѣстахъ ея дѣйствіе еще сказывается, и вслѣдствіе этого получаются какъ бы свѣтлыя бусы. Черезъ нѣсколько секундъ наступаетъ темная фаза, и вся картина сразу мѣняется. Въ этотъ моментъ въ воздухѣ проносятся съ быстротою скораго поѣзда странныя летучія тѣни; особенно рѣзко это сказывается, если наблюдатель стоитъ на высотѣ. Свѣтлыя и темныя волнообразныя полосы постоянно дрожатъ передъ глазами наблюдателя, Нѣкоторые испытываютъ при этомъ такое впечатлѣніе, какъ будто въ это мгновеніе земля начинаетъ колебаться. Видѣли также, что животныя въ ужасѣ бѣжали при видѣ этихъ летучихъ тѣней. Мы изображаемъ здѣсь эти тѣни по рисунку П. Фаура (P. Faura). Ширина ихъ равна, какъ говорятъ 4—5 дм. Это замѣчательное и еще не вполнѣ объясненное явленіе наблюдается особенно на границѣ области полнаго затменія, а также отчасти и за ея предѣлами. Пытались объяснить ихъ диффракціей свѣта солнца на краю луннаго диска, но теорія показываетъ, что тогда полосы должны быть много шире. Гораздо вѣроятнѣе, что это явленіе происходитъ вслѣдствіе дрожанія воздушныхъ слоевъ, а это послѣднее въ свою очередь вызываетъ колеблющееся преломленіе свѣта, подобное тому, какимъ обусловливается мерцаніе звѣздъ. Только въ эти послѣдніе моменты частной фазы ясно замѣчается ослабленіе общей яркости свѣта на землѣ и на небесномъ сводѣ.



Летучія тѣни при солнечныхъ затменіяхъ. По П. Фаура.

Какъ только исчезнетъ послѣдняя полоса свѣта, картина внезапно мѣняется. Наступаетъ моментъ, который всѣми очевидцами описывается въ самыхъ живыхъ краскахъ (см. раскраш. табл. стр. 7). Вокругъ затемненнаго солнца, которое виситъ на сумрачномъ небѣ въ видѣ чернаго диска, появляется корона съ ея странными лучеобразными выступами, о природѣ которыхъ мы уже говорили раньше. Небо принимаетъ желтовато-сѣрый цвѣтъ, какъ будто оно покрыто дождевыми облаками, и на немъ выступаютъ наиболѣе яркія звѣзды. Близкій къ солнцу Меркурій, въ другое время рѣдко видимый просто глазомъ, появляется вблизи затемненнаго дневного свѣтила, иногда вмѣстѣ съ другими большими планетами, которыя могутъ въ это время какъ разъ находиться около солнца. Нѣкоторыя изъ наиболѣе яркихъ неподвижныхъ звѣздъ также показываются во время солнечныхъ затменій.

Часто наблюдаются во время затменій также нѣкоторыя оптическія явленія, которыя хотя и въ другое время не рѣдки, но почти всегда скрываются въ лучахъ солнца, какъ, напр., ложныя солнца, радужныя солнечныя кольца и т. п. Эти явленія совершенно подобны тѣмъ, какія часто наблюдаются вокругъ луны и происходятъ отъ преломленія лучей въ слояхъ воздуха, наполненныхъ ледяными иглами. Если на небѣ облака, то они обыкновенно принимаютъ грязно красноватую окраску, которая совсѣмъ не походитъ на живыя краски, какія мы видимъ во время сумерекъ. Вокругъ горизонта тянется оранжевая полоса, которая виднѣется изъ тѣхъ областей, гдѣ въ это время нѣтъ полнаго затменія. Быстрая перемѣна освѣщенія производитъ глубокое впечатлѣніе не только на людей; вся природа кажется какъ бы охвачена имъ. Птицы летятъ отъ наступающей тѣни, жи-

вотныя прячутся въ логовища, гдѣ они обыкновенно проводятъ ночь; чашечки цвѣтовъ, раскрывающіяся только при солнечномъ свѣтѣ, закрываются снова.

Всѣ эти явленія показываютъ, въ какой тѣсной зависимости находится жизнь всей природы отъ лучистыхъ даровъ нашего дневнаго свѣта. Конечно, вліяніе затменія на животныхъ и на растенія объясняется вполнѣ естественно, тогда какъ въ прежнія времена, когда еще съ затменіями связывали самыя странныя суевѣрныя представленія, и даже до послѣдняго времени это вліяніе приписывали таинственнымъ причинамъ. Часто наблюдалось, что животныя, въ особенности летающія, включая и насѣкомыхъ, бѣгутъ отъ всякой быстро надвигающейся тѣни, потому что при обыкновенныхъ условіяхъ тѣнь указываетъ на приближеніе какой нибудь, иногда мнимой опасности. Закрываніе цвѣтовъ, можетъ быть, объясняется не только отсутствіемъ солнечныхъ лучей, но также значительнымъ пониженіемъ температуры, которое наблюдается при наступленіи полной фразы. Часто также замѣчается значительное усиленіе вѣтра. Это не трудно объяснить пониженіемъ температуры, ибо вѣтеръ всегда стремится сравнять неравенство температуръ и потому идетъ вмѣстѣ съ лунною тѣнью. Колебанія высоты барометра нужно ждать въ виду появленія вѣтра при затменіи *). Темнота во время полной фазы не такъ велика на самомъ дѣлѣ, какъ кажется отъ дѣйствія контраста при ея внезапномъ наступленіи. При ней можно читать не слишкомъ мелкую печать. Но безъ искусственнаго освѣщенія нельзя опредѣлять положенія часовыхъ стрѣлокъ, и отсчитывать дѣленія на инструментахъ. Какъ только прорвется вновь первый солнечный лучъ на западномъ краѣ темнаго диска, всѣ описанныя необычныя явленія сразу исчезаютъ. Природа опять оживаетъ. Всѣ прибывающія фазы протекаютъ такъ же, какъ и убывающія, но въ обратномъ порядкѣ.

Чтобы найти **объясненіе** для наступленія и развитія фазъ при лунныхъ и солнечныхъ затменіяхъ, мы должны обратиться къ извѣстнымъ уже намъ движеніямъ солнца и луны.

Если бы орбита луны не была наклонена къ эклиптикѣ, т. е. если бы солнце и луна обращались по небу по одному и тому же большому кругу, то каждый мѣсяцъ, при наступленіи новолунія, луна закрывала бы солнце, т. е. происходило бы солнечное затменіе; также точно каждый мѣсяцъ въ полнолуніе нашъ спутникъ становился бы какъ разъ позади земли. и скрывался бы въ ея тѣни, при томъ условіи, конечно, если эта тѣнь имѣетъ достаточное протяженіе въ міровомъ пространствѣ. Но, какъ извѣстно, солнечныя и лунныя затменія случаются далеко не такъ часто: для ихъ наступленія должно имѣть мѣсто особое условіе, а именно: чтобы новолуніе или же полнолуніе происходило въ томъ мѣстѣ неба, гдѣ лежитъ точка пересѣченія солнечной и лунной орбитъ, т. е. въ узловой точкѣ лунной орбиты. Но послѣдняя совершаетъ (стр. 518) вокругъ неба по эклиптикѣ полный оборотъ въ 18,5997 лѣтъ. Это можно видѣть на рисункѣ на стр. 536.

Результатомъ этого движенія является драконическій мѣсяцъ, который, какъ мы уже знаемъ, равенъ 27,2 днямъ; синодическій же мѣсяцъ равенъ 29,5 днямъ. Чтобы опредѣлить періодъ возвращенія затменій, надо найти два такихъ цѣлыхъ числа, чтобы при умноженіи на одно изъ нихъ

---

*) Во время полнаго солнечнаго затмѣнія 19 августа 1887 г. въ Красноярскѣ наблюдалось совершенно обратное явленіе: до наступленія полной фазы вѣтеръ имѣлъ силу шторма, такъ что автоматическіе клапаны, закрывавшіе объективъ рефрактора съ фотографической камерой, не дѣйствовали; пришлось ихъ оторвать и закрывать и открывать объективъ рукою; когда же наступила полная фаза, вѣтеръ стихъ и абсолютно заштилѣло, а послѣ прекращенія полной фазы, вѣтеръ снова поднялся. *С. Глазенапъ.*

синодическаго мѣсяца, на другое — драконическаго, получилось по возможности одно и то же число. Это условіе выполняется для 223 синодическихъ мѣсяцевъ и 242 драконическихъ. Соотвѣтственный промежутокъ времени равенъ 6585 1/3 днямъ, т. е. 18 годамъ 11 1/3 днямъ. Чтобы избавиться и отъ этой трети, т. е. чтобы можно было предсказать возвращеніе затменія приблизительно въ то же самое время дня, умножимъ это число на 3; мы получимъ тогда 19756 дней для искомаго періода.

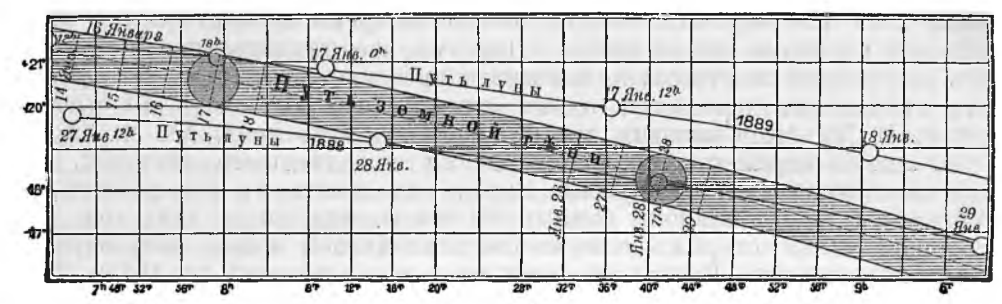
Этотъ періодъ знали еще древнѣйшіе народы, занимавшіеся астрономіей, какъ, напр., китайцы, халдеи и индусы, хотя они и не понимали сущности затменій. Въ нашемъ введеніи мы не разъ указывали на то, какъ важно было для древнихъ народовъ заранѣе вычислять и объявлять время затменія. Солнце и луна считались тогда божествами, или же ихъ аттрибутами. На нихъ во время затменія нападали, по этимъ воззрѣніямъ, демоны или сверхъестественныя чудовища, которыхъ можно было прогнать только особенными церемоніями, молитвами, сильнымъ шумомъ, выстрѣлами и т. п. Поэтому было весьма важно во-время позаботиться о приготовленіи къ этимъ церемоніямъ. Притомъ же таинственное искусство этихъ вычисленій значительно повышало престижъ жрецовъ. Въ китайскихъ лѣтописяхъ передается одинъ случай, что въ концѣ III тысячелѣтія до Р. Хр. были казнены два придворныхъ астронома, Хи и Хо, за то, что они своевременно не предупредили о солнечномъ затменіи. Въ одной священной книгѣ индусовъ, Сурья-сид-дганта, въ руководствѣ по астрономіи, продиктованномъ самимъ богомъ солнца, были даны въ стихахъ правила, по которымъ совершенно механически можно было заранѣе вычислить затменія. Пользуясь даннымъ выше періодомъ въ 19756 дней, который греки называли Саросомъ, всякій, даже незнакомый съ астрономическими вычисленіями, можетъ заранѣе предсказать по крайней мѣрѣ лунныя затменія; для этого стоитъ только составить по лѣтописямъ списокъ дней съ бывшими затменіями, отдѣленныхъ отъ ближайшаго къ намъ времени указаннымъ періодомъ. Въ слѣдующей таблицѣ это сдѣлано для нѣсколькихъ полныхъ затменій. Въ ней сопоставлены случаи затменій, высчитанные прибавленіемъ указаннаго числа дней, а рядомъ найденное точнымъ разсчетомъ время средины затменія и его величина.

Лунныя затменія.

Грегоріанскій календарь	Вр. средины въ Ср. Евр. вр.	Величина въ „дюймахъ“	Грегоріанскій календарь	Вр. средины въ Ср. Евр. вр.	Величина въ „дюймахъ“
1844: 31. Мая.	23ч 49м	16,0	1898: 3. Іюля	22ч 17м	11,2
1844: 25. Ноября.	0 46	17,3	1898: 28. Декабря	0 38	16,5
1845: 21. Мая.	16 55	13,3	1899: 23. Іюня.	15 17	18,0
1845: 14. Ноября.	1 48	11,2	1899: 17. Декабря	2 25	12,2
1848: 19. Марта	22 12	19,3	1902: 22. Апрѣля	19 51	15,9
1848: 13. Сентяб	7 22	20,6	1902: 17. Октября	7 4	17,6
1852: 7. Января	7 13	20,2	1906: 9. Мая	8 48	19,7
1852: 1. Іюля	16 26	18,4	1906: 4. Августа	13 58	21,5
1855: 2. Мая	5 6	18,9	1909: 4. Іюня	2 30	13,9
1855: 25. Октября	8 31	17,7	1909: 27. Ноября.	9 57	16,5
1856: 20. Апрѣля	10 8	8,7	1910: 24. Мая.	6 36	13,3
1856: 13. Октября	23 54	12,1	1910: 17. Ноября.	1 21	13,7
1859: 17. Февраля	11 45	20,5	1913: 22. Марта.	12 57	19,0
1859: 13. Августа	17 32	21,9	1913: 15. Ноября.	13 47	17,3

За пятнадцать лѣтъ, съ 1898 по 1913 годъ, какъ видно изъ таблицы, только въ двухъ случаяхъ полныя затменія (17 декабря 1899 года и 24 мая 1910 г.) вычисляются изъ не совсѣмъ полныхъ. Надо замѣтить, что ни одно

затменіе не пропущено въ этомъ простомъ разсчетѣ. Указанія времени свѣдѣтельствуютъ, что соотвѣтствующія явленія происходятъ, въ предѣлахъ нѣсколькихъ часовъ, въ одно и то же время дня; а это значитъ, какъ ясно будетъ изъ дальнѣйшаго, что они видимы приблизительно въ однѣхъ и тѣхъ же областяхъ земли. Эти чисто механическіе методы, которые впрочемъ лежатъ въ основаніи всѣхъ разсчетовъ, необходимыхъ для практической астрономіи, еще облегчаются при разсчетѣ затменій таблицами (напр. Schram, Tafeln zur Berechnung der näheren Umstände der Sonnenfinsternisse). При помощи этихъ таблицъ, всѣ подробности затменій для каждаго мѣста земли можно вычислить въ нѣсколько минутъ безъ всякихъ предварительныхъ знаній, простымъ сложеніемъ. Конечно, въ основаніи разсчета самихъ таблицъ лежитъ точнѣйшая теорія движеній свѣтилъ. Но можно было бы составить таблицы, приблизительно столь-же точныя, еслибы даже намъ и не было извѣстно теоретическое объясненіе



Мѣста луны и земной тѣни при двухъ лунныхъ затменіяхъ, см. стр. 534.

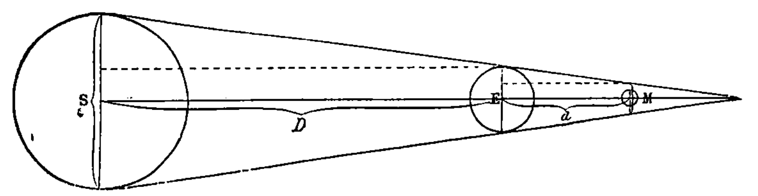
соотвѣтственныхъ движеній, и не существовало тѣхъ обширныхъ вычисленій, какія находятся въ нашемъ распоряженіи въ настоящее время.

Поэтому мы можемъ вести наши разсужденія о затменіяхъ такъ, какъ будто наши знанія о движеніяхъ и взаимномъ положеніи небесныхъ свѣтилъ не пошли дальше того, что говорятъ намъ только наши глаза, вооруженные оптическими инструментами: пусть луна и солнце для насъ движутся вокругъ земли, притомъ солнце является самосвѣтящимся, луна темнымъ тѣломъ. Къ этимъ свѣдѣніямъ мы прибавимъ еще слѣдующіе выводы, полученные изъ наблюденій параллакса: луна удалена отъ центра нашей планеты на 60,28 земныхъ радіусовъ, она имѣетъ поперечникъ, равный 0,273 частямъ земного поперечника; далѣе, изъ сравненія солнечнаго параллакса въ 8″,85 съ параллаксомъ луны получается отношеніе среднихъ разстояній обоихъ небесныхъ свѣтилъ равное 1 : 387; наконецъ, изъ солнечнаго параллакса и видимаго поперечника солнца его истинный поперечникъ оказывается равнымъ 108.7 земныхъ поперечниковъ. Попытаемся изъ этихъ данныхъ выяснить типическія явленія затменій.

Не говоря уже о внѣшней формѣ явленій, между солнечными и лунными затменіями прежде всего бросается въ глаза та разница, что характеръ протеканія солнечныхъ затменій связанъ съ опредѣленнымъ положеніемъ наблюдателя на земной поверхности, тогда какъ лунныя затменія на всей землѣ видны въ одинаковой формѣ. Если справедливо, какъ мы до сихъ поръ предполагали на основаніи многихъ признаковъ, что затменія луны происходятъ вслѣдствіе ея погруженія въ тѣнь земли, то изъ данныхъ наблюденій, уже извѣстныхъ намъ, мы можемъ вычислять ихъ, и притомъ весьма просто. Прежде всего положимъ, что намъ извѣстенъ точно моментъ наступленія полнолунія на основаніи изученія видимыхъ движеній луны, причемъ приняты въ разсчетъ всѣ извѣстныя ихъ

неравенства; далѣе допустимъ ради простоты, что это полнолуніе наступаетъ какъ разъ въ лунномъ узлѣ, такъ что центры солнца, земли и луны лежатъ по одной прямой линіи. Уклоненія отъ этого простого случая, которыя обыкновенно существуютъ, такъ какъ луна можетъ быть въ затменіи нѣсколько выше или ниже своего узла, усложняютъ дѣло. Но не трудно понять, что опредѣленіе этихъ уклоненій не представитъ принципіальныхъ затрудненій.

Чтобы вычислить подробности луннаго затменія, намъ надо знать кромѣ средняго момента полной фазы, который тождественъ съ моментомъ наступленія полнолунія, еще половину продолжительности затменія. Оно зависитъ, во первыхъ, отъ величины земной тѣни на томъ разстояніи, на какомъ находится луна, во вторыхъ, отъ скорости, съ какою луна пересѣкаетъ тѣнь. Для опредѣленія величины земной тѣни обратимся къ прилагаемому чертежу; на немъ S обозначаетъ солнце, E — землю и M — луну. Мы видимъ, что лучи солнца, образующіе конусъ позади земли, проходятъ по обѣ стороны мимо луны. Луна лежитъ совершенно въ конусѣ тѣни. Наша задача — найти поперечникъ этого тѣневого конуса на разстояніи луны. Разсматривая линіи, обозначенныя пунктиромъ, мы находимъ, по элементарной геометрической теоремѣ, слѣдующее. Разность поперечниковъ солнца и земли, относится къ разстоянію D между этими обоими свѣтилами такъ же, какъ разность между поперечникомъ земли и искомымъ поперечникомъ земной тѣни относится къ разстоянію d луны отъ земли. Если мы подставимъ въ полученное равенство найденныя ранѣе числа для средняго разстоянія обоихъ свѣтилъ, то найдемъ, что поперечникъ земной тѣни равенъ 0,721 земного поперечника. Такъ какъ поперечникъ луны равенъ 0,273 поперечника земли, то оказывается, что поперечникъ земной тѣни на разстояніи луны все таки втрое больше поперечника самой луны, что и согласуется съ наблюденіями.

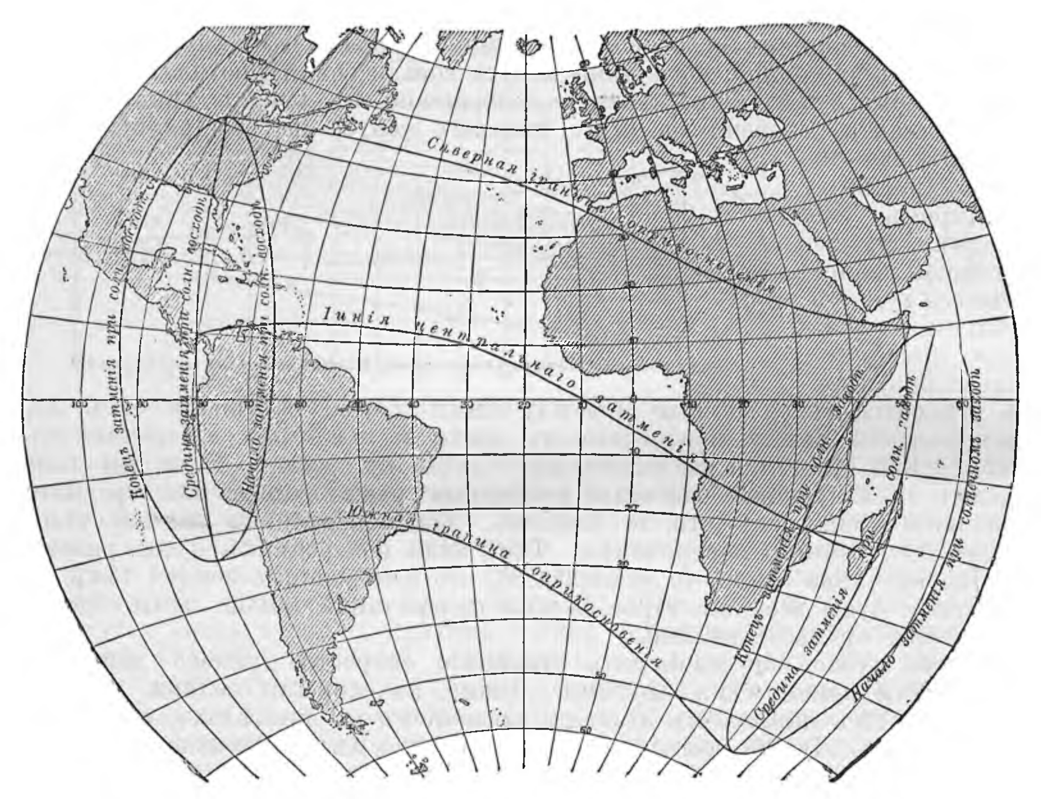


Опредѣленіе поперечника земной тѣни на разстояніи луны.

Намъ нужно еще вычислить отношеніе скорости луннаго движенія къ скорости земной тѣни, другими словами, къ скорости солнца. Слѣдовательно, здѣсь мы имѣемъ дѣло съ движеніемъ въ предѣлахъ синодическаго періода. Лучше всего опредѣлимъ сначала, въ теченіе какого времени луна проходитъ длину своего собственнаго поперечника. Для этого раздѣлимъ синодическій мѣсяцъ на 360 градусовъ и полученное число помножимъ на число градусовъ, отвѣчающихъ лунному поперечнику. Такимъ образомъ мы получимъ 61,2 минуты. Это значитъ, что, при среднихъ разстояніяхъ, во время центральнаго затменія протекаетъ 61,2 минуты отъ начала затменія вообще до начала полной фазы, а съ другой стороны отъ конца полной фазы до конца затменія вообще. Продолжительность же полной фазы мы найдемъ, умножая эти 61,2 минуты на разность между поперечникомъ земной тѣни и поперечникомъ луны, выраженную въ частяхъ послѣдняго, т. е. на (0,721 — 0,273) : 0,273. Мы получимъ 100,5 минутъ, половина же времени полной фазы будетъ равна круглымъ числомъ 50 минутамъ.

Вотъ и все, что намъ требуется для того, чтобы найти четыре важные момента луннаго затменія. Если, напр., полнолуніе наступило какъ разъ въ полночь, то начало частнаго затменія приходится въ 12 часовъ минусъ 50 минутъ и минусъ 61 минута, т. е. въ 10 часовъ 9 минутъ. Начало

полной фазы на 61 минуту позже, т. е. въ 11 час. 10 минутъ. Конецъ полной фазы приходится въ 12 часовъ 50 минутъ, конецъ частнаго затменія въ 1 часъ 51 минуту, Эти числа, какъ сказано, имѣютъ значеніе для среднихъ разстояній, Но такъ какъ и солнце, и луна имѣютъ свои перигеи и апогеи , то эти данныя при центральныхъ затменіяхъ могутъ колебаться на 1 — 2 минуты относительно средней величины. Въ большинствѣ случаевъ луна не проходитъ черезъ центръ земной тѣни, но пересѣкаетъ ее нѣсколько выше или ниже его. Конечно, и въ этомъ случаѣ не трудно найти тѣ геометрическія отношенія, которыми опредѣлится путь луны черезъ земную тѣнь. Далѣе можетъ быть и такой случай, что луна пройдетъ на столько выше или ниже земной тѣни, что только отчасти погру-



Границы солнечнаго затменія 29 авг. 1886

зится въ нее; тогда все время будетъ только частное затменіе. Надо отмѣтить, что очень значительное само по себѣ параллактическое перемѣщеніе луны не можетъ имѣть вліянія на наступленіе луннаго затменія. Это перемѣщеніе исключительно зависитъ отъ того, что направленія зрительныхъ линій для наблюдателей, находящихся на различныхъ точкахъ земли, даютъ перспективную разницу. Но для луны и для земной тѣни это перемѣщеніе для всѣхъ точекъ зрѣнія одинаково. Поэтому и оказывается, что моменты лунныхъ затменій для всей земли одни и тѣже; значитъ, по показаніямъ нашихъ часовъ они различаются только на цѣлые часы поясного времени. Но та точка неба, въ какой происходитъ затменіе, для каждаго мѣста земли отличается на величину параллактической разности. Величина луннаго затменія также выражается въ „дюймахъ“, именно при полныхъ затменіяхъ величина всей хорды, какую луна проходитъ въ

земной тѣни, выражается въ двѣнадцатыхъ доляхъ луннаго поперечника. Такъ какъ поперечникъ земной тѣни почти втрое больше луннаго поперечника, а время полнаго затменія считается только между моментами внутреннихъ касаній луннаго диска съ земною тѣнью, то для центральнаго затменія получается максимумъ въ 22,8 „дюймовъ“.

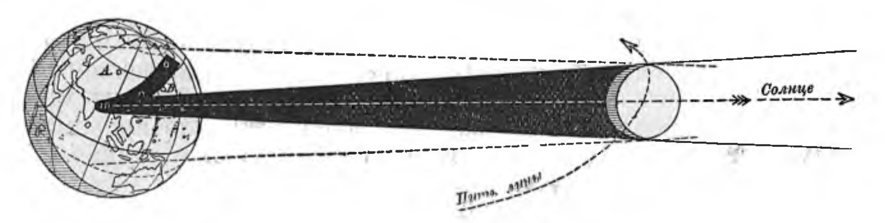
Совершенно иныя отношенія мы встрѣчаемъ въ солнечныхъ затменіяхъ. При нихъ самое тѣло луны закрываетъ солнце отъ нашего наблюденія. Перспективное смѣщеніе, называемое параллаксомъ, для тѣлъ, находящихся на различныхъ разстояніяхъ, различно. Такъ какъ луна къ намъ ближе солнца въ 387 разъ, то параллаксъ измѣняетъ картину солнечнаго затменія для каждой точки наблюденія на земной поверхности. Такъ, напр., 29 августа 1886 г. въ 3 часа 15 минутъ пополудни по среднему берлинскому времени въ нѣкоторыхъ частяхъ южной Африки было полное солнечное затменіе, но въ то же самое время во всей Европѣ не было и слѣда ослабленія солнечнаго блеска. Это сразу же можно понять, надо только представить себѣ ясно, въ чемъ собственно состоитъ вліяніе параллакса. Во взятомъ нами случаѣ линія центральнаго затменія проходила черезъ меридіанъ Берлина приблизительно на 13^0 южной широты. Разность широтъ двухъ наблюдателей, изъ которыхъ одинъ находился въ Берлинѣ, другой въ поясѣ центральнаго затменія, на берлинскомъ меридіанѣ, равнялась, слѣдовательно, 65 — 66^0. Параллактическое смѣщеніе для разности широтъ въ 90^0 равно, какъ мы знаемъ, круглымъ числомъ 57′; оно пропорціонально синусу разности широтъ. Для приведенной разности широтъ параллактическое смѣщеніе равно поэтому 52 дуговымъ минутамъ. При величинѣ луннаго поперечника достаточно смѣщеніе приблизительно въ 30 минутъ, чтобы луна, сначала вполнѣ покрывавшая солнце, уже не проектировалась на солнечномъ дискѣ.

Благодаря этому, предвычисленіе солнечнаго затменія по сравненію съ предвычисленіемъ луннаго представляетъ гораздо болѣе сложную задачу. Поэтому въ альманахахъ большею частью представляютъ солнечное затменіе, какъ оно наблюдалось бы съ центра земли, т. е. даютъ его геоцентрическіе элементы. Взявъ за основаніе эти элементы, можно всегда особымъ вычисленіемъ опредѣлить подробности явленія для извѣстной точки земли. Обыкновенно альманахи содержатъ еще карты; одна изъ нихъ, помѣщенная на стр. 538, изображаетъ только что названное затменіе. На этой картѣ мы видимъ прежде всего почти эллиптическій поясъ, гдѣ затменіе происходило при восходѣ солнца. Противъ него лежитъ другой, для котораго затменіе происходило при закатѣ. Между ними лежитъ область, въ которой наблюдался весь ходъ затменія, но полнымъ оно было только на средней линіи, а по обѣ стороны отъ нея луна покрывала только часть солнечнаго диска, т. е. было частное затменіе. На сѣверной и южной пограничныхъ линіяхъ луна касалась солнечнаго диска, не покрывая его совсѣмъ. Итакъ, полное лунное затменіе имѣетъ одинаковый видъ всюду на землѣ, гдѣ въ данное время луна стоитъ надъ горизонтомъ, полное же солнечное затменіе можно наблюдать только на очень узкой области.

Ширина пояса полнаго затменія очень различна. Какъ мы знаемъ, бываютъ даже центральныя затменія солнца (т. е. когда центры обоихъ свѣтилъ для опредѣленной точки на землѣ точно совпадаютъ) и всетаки неполныя; это — кольцеобразныя затменія. При такомъ затменіи конусъ тѣни, отбрасываемой луною, не достигаетъ своей вершиной до земли. Но въ остальныхъ случаяхъ ширина пояса полнаго затменія равна поперечнику тѣневого конуса. Въ такомъ случаѣ мы можемъ опредѣлить этотъ поясъ изъ того же уравненія, какимъ мы пользовались раньше при разсмотрѣніи луннаго затменія. Но здѣсь мы не можемъ производить вычисленія со средними величинами для разстояній обоихъ небесныхъ свѣтилъ, а должны

взять величины дѣйствительныя для даннаго момента затменія. Лунный параллаксъ можетъ колебаться между 61,4 и 53,9 дуговыми минутами, радіусъ луны между 16′ 46″ и 14′ 43″, радіусъ солнца между 16′ 16″ и 15′ 44″ Если мы возмемъ крайній благопріятный случай, т. е. такое солнечное затменіе, которое происходитъ во время солнечнаго апогея и луннаго перигея, то найдемъ, что поперечникъ тѣневого конуса луны на разстояніи центра земли будетъ равенъ, круглымъ числомъ, 200 клм. На поверхности земли поперечникъ тѣни будетъ больше, такъ какъ мы находимся ближе къ лунѣ; онъ можетъ достигать здѣсь 250 клм. Конечно, вслѣдствіе шарообразной формы земли, тѣнь будетъ удлиняться тѣмъ болѣе, чѣмъ косвеннѣе падаютъ на землю солнечные лучи, т. е. чѣмъ ближе къ полюсу лежитъ поясъ полнаго затменія. Въ нашихъ широтахъ она можетъ достигать почти до 400 клм., хотя только въ крайнихъ случаяхъ.

Продолжительность полной фазы зависитъ отъ поперечника конуса тѣни. Она можетъ доходить до 8 минутъ. Ходъ лунной тѣни схематически изображенъ на прилаг. рис. Полная фаза при солнечномъ затменіи продолжается, слѣдовательно, гораздо меньше, чѣмъ при лунномъ. Но продолжительность частныхъ затменій не представляетъ значительной разницы въ томъ и другомъ случаѣ. Путь, проходимый луною по отношенію къ



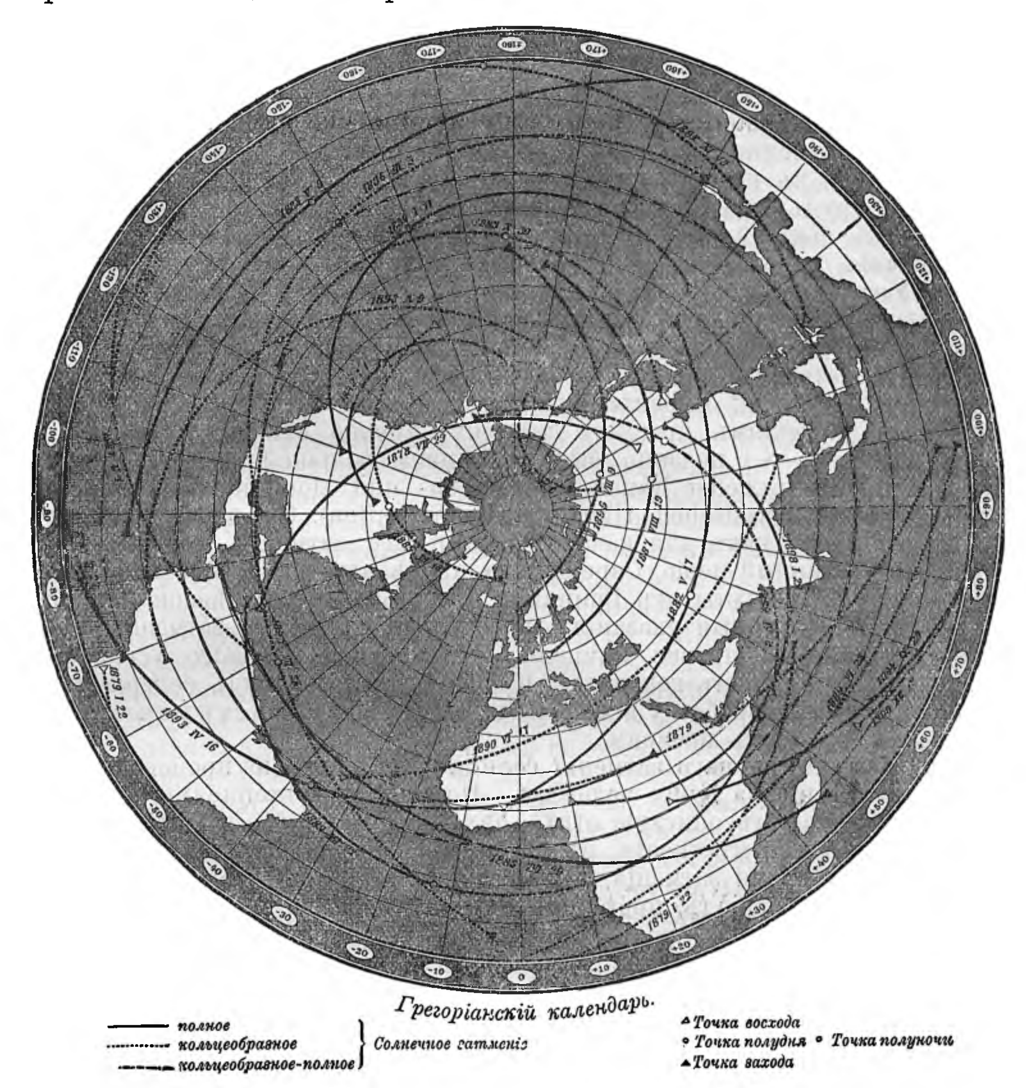
Путь конуса лунной тѣни на поверхности земли.

движенію солнца, при центральномъ солнечномъ затменіи, считая отъ момента перваго внѣшняго соприкосновенія дисковъ солнца и луны до наступленія полнаго или же кольцеобразнаго затменія, будетъ равенъ лунному поперечнику, какъ и при лунномъ затменіи. Наибольшая продолжительность отъ начала частной фазы до наступленія полнаго затменія равна, слѣдовательно, и здѣсь 60—61 минутѣ. На прилагаемомъ рисункѣ пунктирныя линіи показываютъ границы той области, въ которой происходитъ частное затменіе. Мы получимъ эти границы, если отъ нижняго края солнца проведемъ линію къ верхнему краю луны и наоборотъ. Этотъ поясъ обозначаетъ тогда область, такъ называемой, полутѣни. При лунныхъ затменіяхъ полутѣнь также принимается въ разсчетъ, хотя на самомъ дѣлѣ остается почти незамѣтной.

Вслѣдствіе того, что наше положеніе на земной поверхности имѣетъ вліяніе на явленіе солнечныхъ затменій, послѣднія въ опредѣленномъ мѣстѣ наблюденія случаются гораздо рѣже лунныхъ, хотя на всей землѣ солнечныя затменія вообще бываютъ чаще лунныхъ. Это не трудно понять. Солнечное затменіе происходитъ тогда, когда лунная тѣнь падаетъ на земную поверхность, тогда какъ при лунномъ затменіи нашъ спутникъ долженъ попасть въ область, поперечникъ которой равенъ всего 0,72 частямъ земного поперечника, т. е. поперечнику земной тѣни на разстояніи луны. Число солнечныхъ затменій должно поэтому въ среднемъ относиться къ числу лунныхъ, какъ площади круговъ съ поперечниками въ 1 и 0,72. Кривая, описываемая центромъ солнечнаго затменія, очень рѣдко проходитъ надъ опредѣленнымъ мѣстомъ земли. Въ теченіе простого періода Сароса въ 18 лѣтъ случается 41 солнечное замтеніе и только 29 лун-

ныхъ. Но на одной и той же области земной поверхности лунная тѣнь проходитъ приблизительно только одинъ разъ въ 200 лѣтъ. Прилагаемый рисунокъ показываетъ наглядно эти отношенія.

На этомъ рисункѣ обозначены центральныя зоны затменій отъ 15 марта 1877 года до 22 января 1898 г. Мы видимъ, что въ теченіе этого



Положеніе кривыхъ центра солнечныхъ затменій въ періодъ отъ 15 марта 1877 г. до 22 янв. 1898 г. Изъ книги, Oppolzer, Kanon der Finsternisse.

времени лунная тѣнь всего одинъ разъ, 19 августа 1887 года, коснулась среднеевропейской области. Только спустя девять лѣтъ, 9 августа 1896 г. лунная тѣнь коснулась не слишкомъ отдаленныхъ областей сѣверной Норвегіи. Слѣдующее кольцеобразное солнечное затменіе, видимое въ Германіи, будетъ 17 апрѣля 1912 г., слѣдующее полное 7 октября 2135 г. Почти на границѣ между южной Германіей и Австріей и Швейцаріей, поясъ полнаго затменія пройдетъ только 11 августа 1998 г. До 1887 г. послѣднее полное солнечное затменіе, видимое въ Германіи, было 8 іюля 1842 г,. если не считать затменія 28 іюля 1851 года, когда лунная тѣнь

коснулась крайнихъ восточныхъ областей Германіи. Другое полное затменіе можно было видѣть въ Германіи 19 ноября 1816 г. Тогда лунная тѣнь прошла довольно близко отъ Берлина. Возьмемъ столь обширную область, какъ Сѣверная Америка, и то, какъ показываетъ наша карта, въ теченіе 20 лѣтъ (на картѣ нанесены кривыя центровъ полныхъ затменій какъ разъ за такой періодъ) всего три раза здѣсь можно было наблюдать центральное солнечное затменіе, именно 29 іюля 1878 г,, 11 января 1880 г. и 1 января 1889 г.

Въ трудѣ, изъ котораго мы взяли эту карту, именно въ книги Oppolzer, Kanon der Finsternisse, приведены точныя числовыя данныя относительно 8000 солнечныхъ затменій и 5200 лунныхъ, которыя происходили и произойдутъ въ періодъ между 1207 г. до Р. Х. и 2163 послѣ Р. Х.

Этотъ трудъ облегчаетъ особенно вычисленіе старыхъ затменій, знаніе которыхъ въ высшей степени важно съ одной стороны для историческаго изслѣдованія, съ другой для нѣкоторыхъ вопросовъ теоретической астрономіи. Уже раньше дѣлались попытки одолѣть эту громадную работу. Такъ, въ концѣ прошлаго столѣтія астрономъ вычислитель Пенгре (Pingré) вычислилъ всѣ затменія, которыя происходили и должны произойти въ культурныхъ странахъ между 1000 г. до Р. Х. и 2000 послѣ Р. Х. Та часть труда Оппольцера, которая относится къ классической эпохѣ, т. е. къ историрическимъ затменіямъ древняго времени, именно отъ 900 г. до Р. Х. до 600 г. послѣ Р. Х., недавно была замѣнена большой работой Гинцеля (F, K. Ginzel, Spezieller Kanon der Sonnen- und Mondfinsternisse für das Ländergebiet der klassischen Altertumswissenschaften). Она дополняетъ труды Оппольцера, такъ какъ для каждаго отдѣльнаго затменія, которое происходило въ указанный періодъ времени въ предѣлахъ между 350 и 50 градусами восточной долготы отъ Гринвича и 30—50 градуса сѣверной широты, въ ней даны подробныя указанія относительно видимости затменія, и принята во вниманіе поправка Гинцеля, относительно вѣкового ускоренія, о которой мы еще будемъ говорить. Кромѣ того этотъ трудъ содержитъ новую критическтю обработку всѣхъ исторически извѣстныхъ затменій за указанной періодъ времени.

Наступленіе полнаго затменія солнца во всѣ времена производило глубокое впечатлѣніе на душу человѣка. Поэтому въ лѣтописяхъ всѣхъ народовъ мы находимъ описаніе этихъ явленій. Если бы въ этихъ описаніяхъ указывались мѣстности, въ которыхъ наблюдалось полное затменіе, и давалось бы время затменія, чтобы можно было съ достаточной точностью установить періодъ, протекшій съ тѣхъ поръ до настоящаго времени, тогда мы пріобрѣли бы очень цѣнную точку опоры для опредѣленія истиннаго мѣста луны и солнца на небѣ въ то далекое время. Именно, изъ предыдущаго изложенія ясно, что, въ виду незначительной ширины пояса полнаго затменія, его положеніе на земной поверхности можетъ служить очень точнымъ указаніемъ на взаимное положеніе солнца и луны въ моментъ полнаго затменія. Правда въ большинствѣ случаевъ приходится рѣшать обратную задачу: вычисливъ солнечныя затменія, на основаніи извѣстнаго намъ движенія обоихъ небесныхъ свѣтилъ, отожествить ихъ съ затменіями, описанными въ историческихъ книгахъ, и притомъ привести къ нашему счету времени эпоху затменія, данную въ счисленіи времени, или совершенно намъ извѣстномъ, или же извѣстномъ недостаточно точно. Если на основаніи нѣсколькихъ явленій удалось опредѣлить, что для приведенія одной исторической эпохи къ другой получается одна и таже величина, то можно быть увѣреннымъ, что остающіяся еще ошибки таблицъ, примѣненныхъ для вычисленія обстоятельствъ затменій, не имѣли вліянія на изслѣдованіе, и тогда съ помощью найденнаго результата можно точнѣе опредѣлить протекшій промежутокъ времени. Наконецъ тогда можно

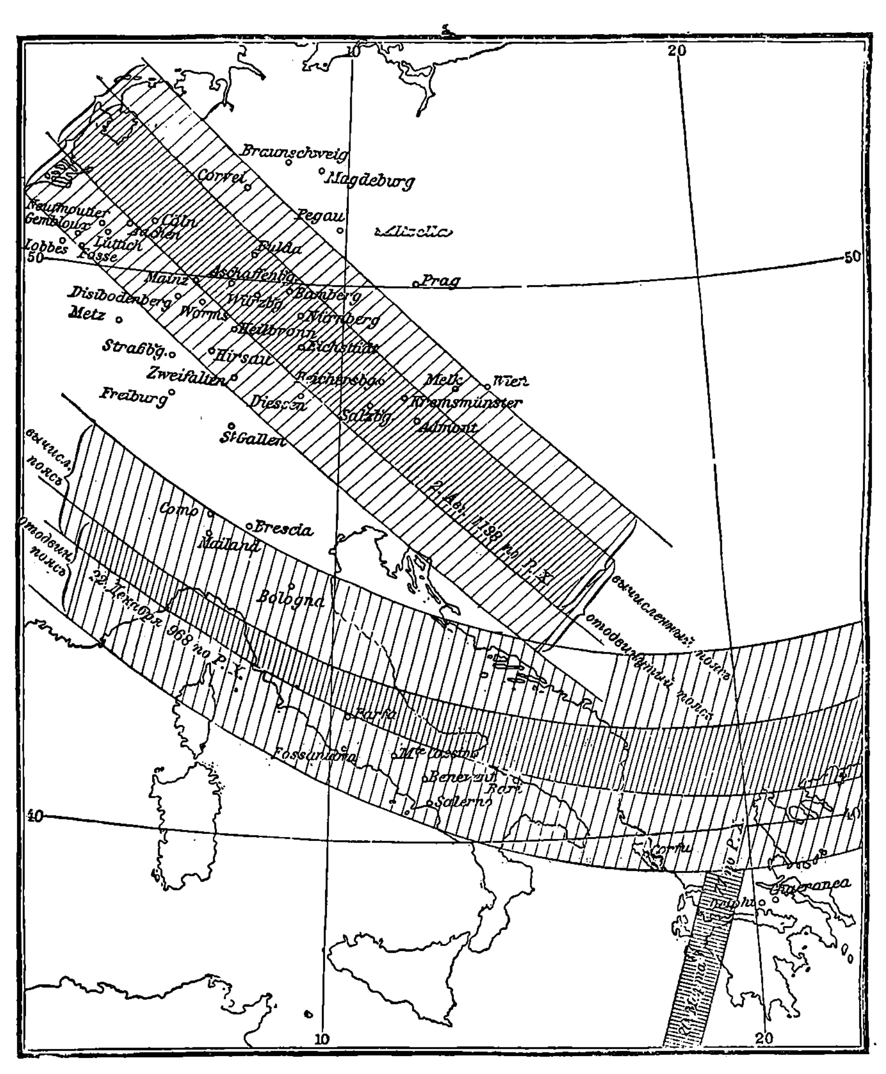
наоборотъ по затменіямъ сдѣлать поправки таблицъ. Это выяснится на слѣдующихъ примѣрахъ.

Классическая книга китайцевъ „Шу-кингъ“ содержитъ слѣдующее мѣсто: „Въ пятый годъ правленія императора Чунгъ-кангъ фамиліи Хи и Хо попрали добродѣтель. Онѣ безчинно предались вину, забыли свои обязанности, отпали отъ своего ранга. Они въ первый разъ нарушили годовой счетъ неба, нерадиво отнеслись къ своему дѣлу. Тогда, въ послѣдній осенній мѣсяцъ, новолуніе въ 7—9 часовъ утра не оказалось въ „Теремѣ“ (китайское созвѣздіе, соотвѣтствующее приблизительно нашему Скорпіону). Слѣпой подносилъ барабанъ къ ушамъ, бережливый человѣкъ кидался изъ стороны въ сторону, обыкновенные люди бѣгали. Фамиліи Хи и Хо находились въ своей должности, они ничего не слышали и не знали“. Изъ этого мѣста, которое по китайскому разсчету содержитъ совершенно точныя показанія времени, можно видѣть, что Хи и Хо, какъ императорскіе астрономы, выполняли свою службу очень небрежно и, повидимому, неправильно сообщили объ одномъ наступленіи новолунія, т. е. о началѣ мѣсяца. Это сдѣлалось очевиднымъ, такъ какъ неожиданно наступило солнечное затменіе. Произошла большая путаница въ жизни всего народа. Изъ историческихъ изслѣдованій оказалось, конечно, съ большой неточностью, что императоръ Чунгъ-кангъ принялъ правленіе въ 2158 до Р. Х. Слѣдовательно около этого времени и надо было искать солнечнаго затменія, которое въ тогдашней столицѣ Срединнаго царства, Нган-йи, произошло утромъ въ одинъ осенній день, въ то время, когда солнце находилось въ созвѣздіи Скорпіона или вблизи его. Оппольцеръ произвелъ спеціальныя изслѣдованія надъ этимъ солнечнымъ затменіемъ, первымъ, какое вообще упоминается въ лѣтописахъ народовъ. Въ періодъ времени отъ 2193—1914 г. до Р. Х. онъ нашелъ только одно затменіе, которое могло бы соотвѣтствовать этому сообщенію. Оно произошло 22 октября 2137 г. до Р. Х. Въ соотвѣтственной области оно было однако неполнымъ, было затемнено всетаки три четверти солнечнаго диска. Но такъ какъ китайцы чрезвычайно внимательно слѣдили за подобными явленіями, то это, конечно, могло броситься имъ въ глаза и указать на ошибку въ годовомъ счетѣ времени. Такъ какъ, согласно приведенному сообщенію, затменіе произошло въ пятый годъ правленія Чунгъ-канга, то этотъ императоръ, по астрономическимъ вычисленіямъ, долженъ былъ вступить въ правленіе въ 2141 г. до Р. Х., т. е. на 17 лѣтъ позднѣе, чѣмъ даютъ неточныя историческія изслѣдованія. Слѣдовательно, мы должны исправить китайскую эру на 17 лѣтъ. Надо, однако, замѣтить, что изслѣдованія Оппольцера приведены здѣсь только какъ примѣръ метода, которымъ можно достичь улучшенія въ счетѣ историческаго времени. Въ новѣйшее время Кюнертъ въ Вѣнѣ на основаніи очень подробнаго изслѣдованія китайскихъ лѣтописей опять выразилъ сомнѣніе въ правильномъ толкованіи указаннаго мѣста книги, и этимъ поколебалъ вышеприведенныя заключенія относительно времени этого затменія, бывшаго за четыре тысячи лѣтъ.

Гораздо достовѣрнѣе можно было произвести изслѣдованіе солнечнаго затменія, о которомъ сообщаетъ Плутархъ: „Вы, конечно, согласитесь, что изъ всѣхъ явленій на солнцѣ ни одно не похоже такъ на закатъ солнца, какъ солнечное затменіе, если помните недавнюю встрѣчу солнца, и луны, которая началась сразу послѣ полудня. Тогда стали видимы многія звѣзды на многихъ точкахъ неба, а воздухъ принялъ окраску, похожую на сумерки“. О Плутархѣ извѣстно, что онъ большую часть своей жизни провелъ въ родномъ городѣ, Херонеѣ. Но изъ всѣхъ затменій, которыя произошли при жизни греческаго писателя, только затменіе 20 марта 71 г. послѣ Р. Х. удовлетворяло даннымъ условіямъ. Руководясь имъ, мы можемъ внести соотвѣтственныя поправки въ очень запутанный римскій счетъ

времени и установить его отношеніе къ нашему времясчисленію. Поясъ центральнаго затменія, согласно вычисленію, прошелъ всетаки нѣсколько западнѣе Херонеи, какъ видно изъ прилагаемой карты, внизу, вправо.

Этимъ разногласіемъ между преданіемъ и разсчетомъ, а также подобными разногласіями при солнечныхъ затменіяхъ, бывшихъ въ средніе вѣка, Гин-



Исправленныя центральныя зоны древнихъ солнечныхъ затменій.

цель воспользовался, чтобы подробнѣе изучить одно замѣчательное свойство движенія луны, существованіе котораго подозрѣвалъ еще Галлей, и которое вполнѣ подтвердилось, хотя удовлетворительное объясненіе ему еще не найдено. Это такъ называемое ускореніе въ движеніи луны. Мы скажемъ о немъ здѣсь, хотя остальныя особенности луннаго движенія мы выяснимъ по ихъ существу позднѣе. Впослѣдствіи мы увидимъ, что въ движеніи небесныхъ свѣтилъ менѣе всего измѣняется такъ называемое среднее время обращенія. Точно также теоретически мы найдемъ, что эта неизмѣняемость есть необходимое слѣдствіе законовъ природы. Только луна не вполнѣ слѣдуетъ этому требованію. Ея среднее время обращенія уско-

ряется, хотя мало: именно всего на 20 секундъ въ столѣтіе, т. е. въ концѣ каждаго столѣтія она находится на такомъ мѣстѣ неба, на которомъ должна бы быть 20 секундъ позднѣе. Конечно, эта разница сама по себѣ слишкомъ мала, чтобы ее можно было опредѣлить, напр., по измѣненію момента наступленія солнечныхъ затменій въ отдаленныя времена древности. Въ тысячелѣтіе она равна всего $3^1/_2$ минутамъ, а такая точность въ данныхъ времени стала возможна всего въ прошлое столѣтіе. Вслѣдствіе болѣе ранняго наступленія солнечныхъ затменій путь лунной тѣни на землѣ замѣтно смѣщается. Именно, если луна пересѣкла эклиптику прежде, чѣмъ это произошло бы безъ ускоренія ея средняго движенія, то солнце по своей орбитѣ подвинулось впередъ менѣе, и лунная тѣнь должна упасть на точку, лежащую западнѣе, такъ какъ годичное движеніе солнца совершается съ запада на востокъ. Если затменіе происходитъ между зимнимъ и лѣтнимъ солнцестояніями, когда, слѣдовательно, солнце поднимается все далѣе къ сѣверу, то оно вслѣдствіе луннаго ускоренія затмевается уже въ болѣе южной точкѣ своей орбиты, т. е. тѣнь падаетъ на земную поверхность нѣсколько южнѣе. Въ другую же половину года тѣнь остается сѣвернѣе, чѣмъ должна быть. Сюда присоединяются еще нѣкоторыя другія вліянія, которыя изъ положенія центральнаго пояся позволяютъ опредѣлить очень незначительную величину луннаго ускоренія. Карта на стр. 544 можетъ выяснить, въ чемъ заключается эта поправка. Относительно означенныхъ на картѣ мѣстъ извѣстно изъ лѣтописей, что въ нихъ наблюдалось опредѣленное затменіе. По вычисленію же зоны обоихъ затменій должны лежать южнѣе. Чтобы примирить положеніе зонъ съ одной стороны съ этими сообщеніями, а съ другой со всѣми остальными изслѣдованными затменіями необходимо допустить, что зоны смѣстились, какъ это показано на рисункѣ. Въ результатѣ изслѣдованій цѣлаго ряда смѣщенныхъ такимъ образомъ зонъ центральнаго затменія и получаются извѣстныя эмпирическія поправки соотвѣтственныхъ таблицъ.

Этимъ еще точнѣе подтверждается важность луннаго ускоренія, по существу все еще таинственнаго. Между тѣмъ, пониманіе его стоитъ въ связи съ интереснѣйшими вопросами, касающимися порядка въ нашемъ мірозданіи. Мы можемъ здѣсь только бѣгло коснуться этихъ вопросовъ. Прежде всего нужно замѣтить, что найденная разница въ 20 секундъ можетъ быть какъ ошибкою нашего хронометра, такъ и неправильностью въ движеніи луны. Хронометромъ для насъ служитъ земля, т. е. ея вращеніе вокругъ полярной оси. Развѣ не могутъ эти небесные часы, къ которымъ мы относимся съ такимъ довѣріемъ, отстать на 20 секундъ въ столѣтіе? Въ такомъ случаѣ ихъ точность сравнительно съ нашими человѣческими хронометрами все таки была бы въ высшей степени изумительна. Тогда всякій послѣдующій оборотъ земли вокругъ оси былъ бы только на 51 билліонную часть длиннѣе предыдущаго.

Если это объясненіе справедливо, то движенія всѣхъ остальныхъ небесныхъ свѣтилъ должны бы обнаружить соотвѣтственную ошибку сравнительно съ теоріей. Однако, путь, который дѣлаютъ всѣ остальныя небесныя свѣтила въ 20 секундъ, настолько малъ, что его еще нельзя было обнаружить, какъ ошибку, со времени возникновенія нашего наблюдательнаго искусства. Поэтому данное объясненіе пока еще нуждается въ доказательствахъ. Только открытые недавно спутники Марса, столь необычайно близкіе къ главному свѣтилу, и пятый спутникъ Юпитера движутся такъ быстро, что непрерывнымъ наблюденіемъ надъ ними, можетъ быть, въ недалекомъ будущемъ удастся опредѣлить, увеличивается ли въ самомъ дѣлѣ длина нашего дня. Впослѣдствіи мы увидимъ, какіе доводы въ пользу этого мнѣнія можно получить изъ общей исторіи развитія свѣтилъ. Впрочемъ, уже теперь мы поймемъ одну причину, которая можетъ объяснить, конечно,

не вполнѣ, но по крайней мѣрѣ, отчасти наблюденную разницу. Этой причиной служитъ постоянный дождь метеорной пыли, который падаетъ изъ мірового пространства на землю. Теряя въ нашей атмосферѣ свое первоначальное движеніе, и слѣдуя далѣе за движеніемъ земли, эта пыль отнимаетъ отъ земли часть ея живой силы, съ которой совершается вращеніе земли вокругъ оси. Съ теченіемъ времени масса, которая принимаетъ участіе въ этомъ движеніи, все увеличивается. Космическая пыль (см. также стр. 249), включая сюда и ея болѣе крупныя и громадныя частицы, — падающія звѣзды и метеориты, — во всякомъ случаѣ играетъ въ міровой жизни гораздо болѣе важную роль, чѣмъ это полагаютъ до сихъ поръ. Объ этомъ мы будемъ еще говорить.

---

7. Затменія планетныхъ спутниковъ. Покрытія и прохожденія. Параллаксъ солнца.

Явленія затменій, какія мы подробно разсмотрѣли здѣсь для солнца и луны, наблюдаются и на планетахъ, которыя окружены спутниками, особенно на Юпитерѣ. Объ этомъ намъ приходилось говорить уже неоднократно. Фазы планетъ доказываютъ намъ, что планеты суть темныя тѣла, какъ и земля. Слѣдовательно, онѣ также должны отбрасывать конусъ тѣни, размѣры котораго такъ же легко можно вычислить, какъ размѣры конуса земной тѣни, если только мы знаемъ истинную величину планеты и разстояніе ея отъ солнца. Зная же движеніе ея спутника, мы можемъ напередъ вычислить затменія, происходящія въ отдаленной отъ насъ системѣ, такимъ же точно образомъ, какъ вычисляемъ ихъ для солнца, земли и луны. Дѣйствительно, въ цѣляхъ мореплаванія такія вычисленія уже давно производятся для спутниковъ Юпитера (см. стр. 514). Теперь мы легко поймемъ, почему эти затменія удобны, какъ сигналы для опредѣленія долготъ. Въ виду того, что они совершаются такъ же, какъ и затменія нашей луны, они должны для каждой точки наблюденія происходить въ одинъ и тотъ же физическій моментъ.

Однако, спутники Юпитера въ этомъ отношеніи представляютъ нѣкоторое исключеніе, которое привело къ весьма интересному результату. Уже въ 1675 г., датчанинъ Олафъ Рёмеръ замѣтилъ, что время наступленія этихъ затменій подчинено годичному періоду: именно, когда Юпитеръ находится въ соединеніи съ солнцемъ, то по сравненію съ соотвѣтственнымъ временемъ при его противостояніи, всѣ четыре затменія запаздываютъ противъ вычисленія на одну и ту же величину, круглымъ числомъ на $16^1/_2$ минутъ. Рёмеръ сначала нашелъ слишкомъ большую величину въ 22 минуты. Мы уже знаемъ, что видимое измѣненіе поперечника планеты есть только слѣдствіе измѣненія разстоянія планеты отъ насъ. Но скоро мы узнаемъ, какимъ образомъ можно измѣрять эти различныя разстоянія точнѣе, чѣмъ это мы дѣлали до сихъ поръ, руководясь только измѣненіемъ ихъ поперечниковъ. Тогда мы найдемъ, что разность между соединеніемъ и противостояніемъ Юпитера по отношенію къ солнцу равна приблизительно 300 милліонамъ километровъ. У Рёмера сразу же явилась мысль, что замедленіе въ наступленіи затменій при большомъ разстояніи планеты, можетъ произойти только оттого, что для свѣта нужно извѣстное время, чтобы пройти эту разницу въ разстояніи. Такимъ образомъ, изъ наблюденія надъ затменіями спутниковъ Юпитера вытекаетъ слѣдствіе, что свѣтъ пробѣгаетъ въ секунду 300.000,000 $\times$ 16,5 $\times$ 60, т. е. круглымъ числомъ 300,000 клм. Какъ извѣстно, этотъ выводъ вполнѣ подтвердился физическими опытами. Поэтому время распространенія свѣта мы должны принимать въ разсчетъ не только при вычисленіяхъ такихъ затменій, но также и при всѣхъ



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

ВИДЪ ПЛАНЕТЫ ЮПИТЕРА СЪ ВООБРАЖАЕМАГО ПУНКТА НА ОДНОМЪ ИЗЪ ЕГО СПУТНИКОВЪ.

(По картинѣ В. Кранца.)

другихъ астрономическихъ наблюденіяхъ, по крайней мѣрѣ, при наблюденіяхъ надъ свѣтилами, разстояніе которыхъ отъ земли намъ извѣстно. Принимается въ разсчетъ эта величина и при двойныхъ звѣздахъ, разстояніе которыхъ отъ насъ хотя и не извѣстно, но для которыхъ мы можемъ найти разницу разстояній при ихъ движеніи по орбитѣ спектроскопическимъ или инымъ путемъ. Для планетной системы это обыкновенно дѣлаютъ такъ, что время, необходимое свѣтовому лучу для прохожденія разстоянія отъ свѣтила до насъ, вычитаютъ изъ наблюденнаго времени, когда замѣчено было данное явленіе или положеніе свѣтила. Другими словами, всѣ наблюденія приводятся къ моменту выхода свѣтового луча отъ небеснаго свѣтила.

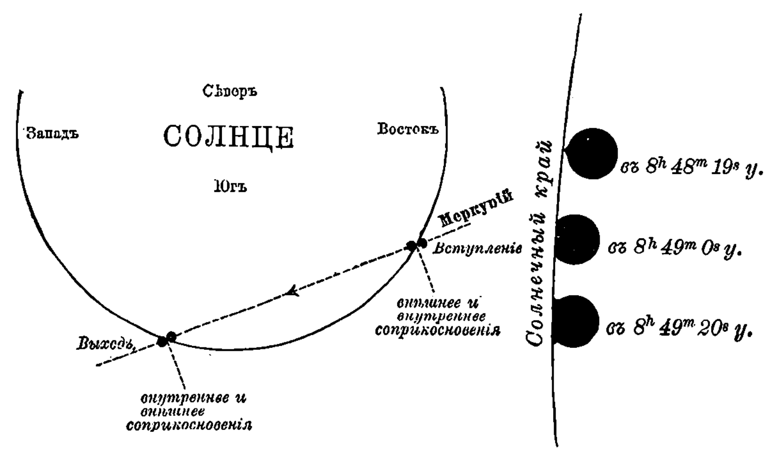
Въ системѣ Юпитера происходятъ солнечныя затменія, и мы на разстояніи можемъ прослѣдить ходъ явленія даже съ гораздо большей наглядностью, чѣмъ это можно сдѣлать у насъ при солнечномъ затменіи. Мы видимъ, какъ тѣнь спутника Юпитера проходитъ по поверхности планеты и такимъ образомъ, отмѣчаетъ поясъ полнаго затменія (см. прилагаемый раскрашенный рисунокъ). Такъ какъ одновременно съ этимъ, мы видимъ и затемняющій спутникъ, то можемъ прямо опредѣлить положеніе конуса тѣни въ пространствѣ. Смотря по тому, находится ли планета передъ временемъ противостоянія или послѣ него, тѣнь будетъ лежать къ востоку или къ западу отъ затемняющаго тѣла. Слѣдовательно, для нашей точки наблюденія, спутникъ то появляется на дискѣ Юпитера прежде, чѣмъ его тѣнь встрѣтитъ поверхность планеты, то, при обратномъ положеніи солнца, тѣнь предшествуетъ спутнику. Соотвѣтственно этому, затменія самихъ спутниковъ также происходятъ то къ востоку, то къ западу отъ Юпитера.

Въ обширномъ смыслѣ къ затменіямъ же можно причислить *прохожденія* и *покрытія* небесныхъ свѣтилъ,—явленія, которыя мы почти ежедневно можемъ наблюдать въ системѣ Юпитера. Въ первой части (стр. 175) мы уже говорили о прохожденіяхъ спутниковъ и о своеобразныхъ явленіяхъ, которыми они иногда сопровождаются. Не думая долго, можно понять, что, какъ прохожденія, такъ и покрытія или *оккультаціи* объясняются орбитальными движеніями спутниковъ. Мы можемъ пойти еще далѣе, и въ неизмѣримыхъ областяхъ неподвижныхъ звѣздъ мы встрѣтимъ тѣ же явленія затменій, какія еще въ незапамятныя времена производили на землѣ неотразимое впечатлѣніе на душу человѣка. При разсмотрѣніи движеній двойныхъ звѣздъ и тѣхъ явленій, какія наблюдаются въ нѣкоторыхъ группахъ перемѣнныхъ звѣздъ, мы узнали, что явленія, встрѣчаемыя нами здѣсь, можно объяснить такими же прохожденіями и затменіями, какія мы наблюдаемъ на солнцѣ, лунѣ и другихъ свѣтилахъ нашего планетнаго міра.

Сюда же надо отнести и *покрытія* (закрытія) *неподвижныхъ звѣздъ луною*. При массѣ звѣздъ и при сравнительно значительной видимой величинѣ луннаго поперечника, покрытія звѣздъ луною происходятъ ежедневно. Но обыкновенно звѣзды такъ слабы, что исчезаютъ вблизи освѣщеннаго луннаго края уже вслѣдствіе иррадіаціи. Только появленіе ихъ вновь, а также, конечно, и исчезаніе ихъ на темномъ краѣ луны можно иногда замѣчать. Но такое одностороннее наблюденіе имѣетъ мало значенія для астрономическихъ цѣлей, особенно потому, что положеніе этихъ маленькихъ звѣздъ обыкновенно извѣстно не достаточно точно, и изъ такого наблюденія мы не можемъ опредѣлить поправки положенія луны. Но покрытія яркихъ звѣздъ имѣютъ важное значеніе и наблюдаются весьма тщательно. Само собою понятно, что изъ звѣздъ первой величины могутъ быть закрываемы только тѣ, которыя находятся вблизи эклиптики, это: Альдебаранъ въ созвѣздіи Тельца, Регулъ въ созв. Льва, Спика въ созв. Дѣвы и Антаресъ въ созв, Скорпіона. Времена вступленія и вы-

ступленія для звѣздныхъ закрытій такъ же, какъ при солнечныхъ затменіяхъ, различны для различныхъ мѣстъ земли, такъ какъ, вслѣдствіе параллактическаго смѣщенія луны, ея мѣсто между звѣздами измѣняется для различныхъ точекъ наблюденія. Для одного мѣста закрытіе звѣзды луною можетъ совершиться въ центральномъ направленіи, тогда какъ для другого мѣста, луна вовсе не закроетъ звѣзды. Максимальная продолжительность такого закрытія равна времени, какое нужно лунѣ, чтобы она при своемъ обращеніи прошла длину своего поперечника: это время равно 60—61 минутѣ.

Намъ уже извѣстно, что планеты иногда могутъ проходить позади солнца или передъ солнцемъ. Такъ какъ ихъ пути по небу, какъ мы узнаемъ въ слѣдующей главѣ, подобно орбитѣ луны, наклонены къ эклиптикѣ, то прохожденія планетъ черезъ дискъ солнца и ихъ закрытія, происходятъ рѣдко. Позади солнца могутъ проходить всѣ планеты. Но вслѣдствіе необычайно сильнаго блеска нашего дневного свѣтила, этихъ явленій нельзя наблюдать, въ этихъ случаяхъ, какъ извѣстно, планеты являются всегда ярко освѣщенными полными дисками. Совершенно иное дѣло — прохожденія передъ дискомъ солнца, которыя бываютъ только для Меркурія и Венеры.



Прохожденіе Меркурія 7 мая 1878 г. Образованіе черной капли, по наблюденіямъ Теббута въ Новомъ Южномъ Уэльсѣ.

При этомъ планеты обращаются къ намъ своей темной стороной и появляются на солнцѣ въ видѣ весьма отчетливыхъ черныхъ дисковъ. Дискъ Венеры виденъ при этомъ даже просто глазомъ, если защитить послѣдній отъ ослѣпительнаго солнечнаго свѣта закопченнымъ стекломъ.

Послѣднее прохожденіе Меркурія произошло 10 ноября 1894 года; слѣдующее будетъ 4 ноября 1901 года. Впервые это явленіе наблюдалъ І. Цизатъ (I. B. Cysat) въ Инсбрукѣ въ 1631 году. Явленія повторяются черезъ 46 лѣтъ, при чемъ въ теченіе этого періода происходятъ шесть прохожденій. Періодъ здѣсь имѣетъ ту же причину, какъ и періодъ Саросъ въ лунныхъ затменіяхъ. Наблюденія надъ прохожденіями Меркурія даютъ матеріалъ для выясненія движенія этой планеты. Какъ при солнечныхъ затменіяхъ, съ которыми это явленіе аналогично, здѣсь различаютъ четыре момента: внѣшнее и внутреннее касаніе при вступленіи планеты въ дискъ солнца и при выступленіи изъ него. Внѣшнихъ касаній нельзя наблюдать точно, потому что нельзя видѣть планеты вблизи солнца передъ ея вступленіемъ. Можно констатировать совершившееся явленіе только тогда, когда уже закрыта замѣтная часть солнечнаго диска. При наблюденіи внутреннихъ касаній оказывается другое затрудненіе, которое заключается въ появленіи такъ называемой черной капли или полосы. Это явленіе нагляднѣе всего можно выяснить на прилагаемомъ рисункѣ, который изображаетъ выступленіе Меркурія при прохожденіи его 7 мая 1878 г., по наблюденію Теббута въ новомъ южномъ Уэльсѣ. По мѣрѣ приближенія

Меркурія къ краю солнца, было замѣчено, что его черный дискъ удлиняется по направленію къ солнечному краю и касается солнца тонкимъ остріемъ, которое скоро расширилось въ полосу. Только черезъ 10—20 секундъ послѣ этого наступило геометрическое соприкосновеніе дисковъ.

Спрашивается, какой же моментъ считать собственно моментомъ истиннаго соприкосновенія. Если объяснять явленіе только извѣстной намъ иррадіаціей, то, очевидно, первое появленіе черной капли обозначало бы истинный моментъ касанія, потому что тогда капля доказывала бы, что въ данномъ мѣстѣ солнечный край, дѣйствительно, закрытъ, и поэтому иррадіація прекратилась. Это объясненіе, конечно, было a priori наболѣе вѣроятнымъ. Но такъ какъ нѣкоторые наблюдатели совсѣмъ не видѣли черной капли, то вопросъ опять оставался спорнымъ. Ради рѣшенія его ведено много споровъ, много сдѣлано опытовъ, потому что онъ имѣетъ значеніе для весьма важныхъ наблюденій надъ прохожденіями Венеры, о которыхъ мы будемъ говорить ниже. Особенно французы Андре и Анго подробно занимались этимъ вопросомъ. Въ концѣ концовъ образованіе капли они свели къ явленію диффракціи, величина которой зависитъ отъ отверстія объектива. Теперь всѣ принимаютъ, что моментъ появленія черной капли и есть тотъ самый моментъ, который долженъ быть установленъ наблюденіемъ.

Прохожденія планетъ передъ солнечнымъ дискомъ отнимаютъ у наблюдателя гораздо больше времени, чѣмъ прохожденія луны, вслѣдствіе болѣе медленнаго движенія планетъ. Для прохожденія Меркурія 10 мая 1891 года соотвѣтственные моменты были слѣдующіе:

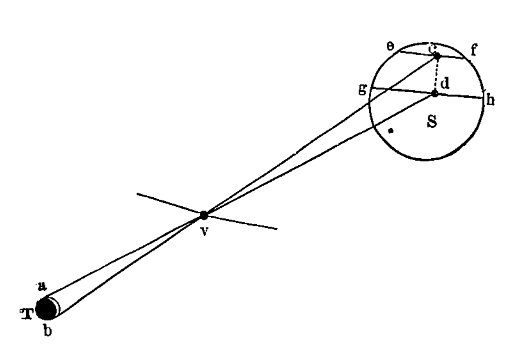
	Вступленіе		Выступленіе	
	внутреннее	внѣшнее касаніе	внутреннее	внѣшнее касаніе
Мельбурнъ	9ч 34м 21с	9ч 39м 12с утра	2ч 27м 3с	2ч 31м 54с пополудни
Гонгконгъ	7 33 30	7 38 24 „	0 21 34	0 26 30

Конечно, при различныхъ прохожденіяхъ, эти времена совершенно различны, такъ какъ хорда, которую описываетъ планета передъ солнечнымъ дискомъ, имѣетъ неодинаковую длину. Точно также для различныхъ мѣстъ наблюденія оказывается нѣкоторая, хотя и малая разница въ моментахъ вступленія и выступленія, которая объясняется параллаксомъ. Въ виду этого уже при прохожденіи Меркурія въ 1677 г. Галлей предложилъ пользоваться этими явленіями для опредѣленія параллакса, чтобы затѣмъ изъ полученныхъ опредѣленій отыскать изложеннымъ ниже способомъ основную астрономическую величину, солнечный параллаксъ.

Гораздо выгоднѣе для этой цѣли представляются, однако, прохожденія Венеры; только, къ сожалѣнію, они бываютъ гораздо рѣже прохожденій Меркурія. Ихъ періодичность колеблется между промежутками времени въ $105^1/_2$, 8, $121^1/_2$ и 8 лѣтъ. Такъ, напр., четыре послѣднихъ прохожденія Венеры происходили въ іюнѣ 1761 и 1769 гг., затѣмъ въ декабрѣ 1874 и 1882 гг., а слѣдующія четыре произойдутъ въ указанное ниже время:

Годъ	День	Время средины прохожденія въ ср.-евр. вр.	Половина продолжительности прохожденія	Кратчайшее геоцентр. разстояніе ☉ и ♀
2004	8 іюня	9,8ч утра	2ч 45м	11,3′ къ югу
2012	6 іюня	3,0	3 21	8,3 къ сѣверу
2117	11 декабря	3,9 „	2 23	13,0 къ сѣверу
2125	8 декабря	5,1 вечера	2 48	11,5 къ югу

Во все будущее столѣтіе не произойдетъ, слѣдовательно, ни одного прохожденія Венеры. Первыя явленія были предсказаны Кеплеромъ на основаніи составленныхъ имъ таблицъ движеній планетъ; именно, первое для 1631, которое, однако, не наблюдалось (Кеплеръ умеръ незадолго передъ тѣмъ), второе—для 1761 г. Прохожденіе 1639 года Кеплеръ при разсчетѣ пропустилъ. Какъ разъ это прохожденіе было первымъ, какое вообще наблюдалось. Его заранѣе вычислилъ англичанинъ Горроксъ и прослѣдилъ на проэкціи солнечнаго изображенія. Ко времени обоихъ прохожденій, бывшихъ въ прошломъ столѣтіи, отправлены были въ отдѣльныя страны большія экспедиціи для опредѣленія солнечнаго параллакса. Дѣйствительно, болѣе точныхъ методовъ для опредѣленія этой основной величины не существовало, пока не было въ распоряженіи наблюдателей инструментовъ такой большой точности, какъ нынѣ. Для наблюденія же прохожденій достаточно было имѣть посредственной силы телескопъ, безъ всякихъ измѣрительныхъ приспособленій, и часы съ довольно хорошимъ ходомъ. Собственно измѣрительнымъ инструментомъ служило само солнце. Все дѣло сводилось къ тому, чтобы измѣрить длину различныхъ хордъ, какія Венера описываетъ на солнечномъ дискѣ, для различныхъ точекъ наблюденія. Для этого требовалось только опредѣлить, по какой либо системѣ времясчисленія, моменты вступленія и выступленія планеты, а затѣмъ для вычисленія длины хорды оставалось только точно установить промежутокъ времени между этими двумя моментами. Прилагаемый рисунокъ разъясняетъ это. T—земля, V—Венера, S—солнце. Для мѣста наблюденія a Венера вступаетъ въ солнечный дискъ около g, и выступаетъ изъ него около h; для b эти точки находятся около e и f. Различная величина обѣихъ хордъ, которую даетъ прямое наблюденіе, позволяетъ вычислить ихъ вертикальное разстояніе cd, а это послѣднее даетъ затѣмъ параллактическій уголъ при V. Происходящія при этомъ параллактическія смѣщенія весьма замѣтны, какъ показываютъ двѣ фотографіи на стр. 551. На одной изображено прохожденіе Венеры черезъ солнечный дискъ, наблюдавшееся въ Испагани 8 декабря 1874 г. Другая фотографія получена какъ разъ въ то же самое время на станціи на Ауклендскихъ островахъ, гдѣ была нѣмецкая экспедиція.

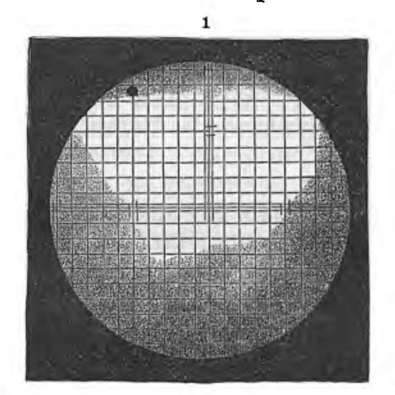


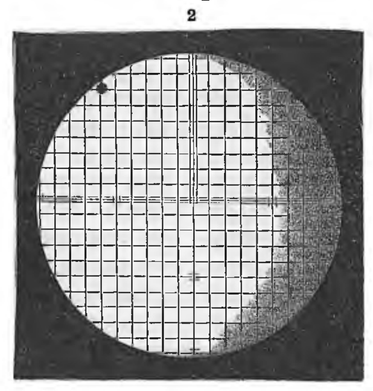
Наблюденія надъ прохожденіемъ Венеры.

Итакъ, при описанномъ методѣ искомый параллаксъ опредѣляется простыми наблюденіями касаній при вступленіи и выступленіи; причемъ наблюденія должны производиться по возможности на весьма отдаленныхъ другъ отъ друга мѣстахъ. Идея этого метода принадлежитъ Эдмунду Галлею. Онъ далъ очень обстоятельныя указанія для наблюденій прохожденія 1761 г., до котораго ему самому нельзя было дожить. Онъ такъ же напередъ вычислилъ предстоявшія прохожденія Венеры. Не безъинтересно узнать, насколько уже въ то время подвинулись впередъ знанія относительно движеній небесныхъ свѣтилъ: именно, этотъ прекрасный вычислитель опредѣлилъ, напр., прохожденіе 1874 года за два столѣтія впередъ съ точностью до 4 минутъ. Впрочемъ, кратчайшее разстояніе, на какое Венера приблизилась къ центру солнечнаго диска, не согласовалось съ вычисленіемъ: Галлей опредѣлилъ эту величину въ 3′3″, тогда какъ истинная величина равнялась $13^3/_4{}'$. Эта ошибка произошла отъ того, что англійскій астрономъ считалъ неподвижною точку пересѣченія орбиты Ве-

неры съ эклиптикой (узловую точку); а это не отвѣчаетъ дѣйствительности. Вслѣдствіе этого же ошибочны оказались и всѣ данныя Галлея относительно наиболѣе благопріятныхъ пунктовъ, въ которыхъ лучше всего можно было наблюдать явленіе 1761 года. На самомъ дѣлѣ въ этотъ годъ вступленіе центра Венеры въ дискъ солнца совершилось, считая геоцентрически, т. е. безъ всякаго параллактическаго дѣйствія (такъ, какъ это казалось бы наблюдателю въ центрѣ земли), въ ночь съ 5 на 6 іюля въ 2 часа 22 минуты 10 секундъ по истинному парижскому времени, а выступленіе— въ 8 часовъ 38 минутъ 35 секундъ утра; слѣдовательно, Венерѣ нужно было 6 часовъ 16 минутъ 25 секундъ, чтобы пройти солнечный дискъ съ востока къ западу.

Отсюда мы видимъ, что вступленіе произошло въ то время, когда солнце въ Европѣ не стояло надъ горизонтомъ. Здѣсь въ утренніе часы можно было наблюдать только выступленіе. Весь ходъ явленія, — по методу Галлея необходимо было наблюдать явленіе съ начала до конца,— можно было видѣть только въ Азіи, въ Индійскомъ океанѣ и въ части Австраліи. Здѣсь трудно было найти благопріятныя мѣста наблюденія, по возможности далеко къ югу и къ сѣверу отъ экватора. Наибольшая параллактическая разница для продолжительности прохожденія равнялась всего 9 минутамъ, тогда какъ въ наиболѣе благопріятномъ случаѣ при другихъ прохожденіяхъ Венеры эта разница можетъ достигать до 23 минутъ. Величина этой разницы имѣетъ существенное вліяніе на точность результата. Прохожденіе Венеры 1761 года было поэтому въ чисто астрономическомъ отношеніи мало благопріятно. Къ тому же здѣсь въ первый разъ замѣтили явленіе черной капли. Вслѣдствіе этого нѣкоторые наблюдатели, слѣдившіе за прохожденіемъ въ одномъ и томъ же мѣстѣ, получили для одного и того же момента данныя, отличавшіяся другъ отъ друга на 30 секундъ. Такимъ образомъ не оправдалась надежда Галлея, что соприкосновеніе будетъ наблюдаться съ точностью нѣсколькихъ секундъ, и что, благодаря этому, разстояніе солнца отъ насъ можетъ быть опредѣлено до пятисотой части его величины, не смотря на то, что болѣе, чѣмъ въ 70 мѣстахъ земли, прохожденіе наблюдалось удачно. Для солнечнаго параллакса, величину котораго до тѣхъ поръ считали приблизительно въ 14″, получились данныя съ колебаніями на 2—3 дуговыхъ секунды.

1


2


1) Венера на солнечномъ дискѣ, по фотогр., полученной въ Испагани (вост. долг. отъ Берлина 2ч 33м 5с, сѣв. шир. 32° 38′) въ 1874 г. 8 декабря, въ 6ч 31м 25с утра по ср. берл. времени. 2) Венера на солнечномъ дискѣ, по фотогр., полученной на ст. Аукдендъ (вост. долг. отъ Берлина 10ч 11м 15с, южн. шир. 50° 32″), въ 1874 г. 9 декабря въ 6ч 33м 8с утра, по ср. берл. времени.

Теперь еще съ большимъ жаромъ принялись за обширныя приготовленія, чтобы наблюдать прохожденіе, которое должно было наступить черезъ 8 лѣтъ. Вступленіе Венеры совершилось въ этотъ разъ, считая отъ центра земли (геоцентрически), 3 іюня 1769 г. въ 7 часовъ 36 минутъ 16 секундъ вечера по истинному парижскому времени, а выступленіе въ 1 часъ 37 минутъ 13 секундъ ночи. Продолжительность прохожденія равнялась отсюда 6 часамъ 57 секундамъ. Слѣдовательно, и въ этотъ разъ

въ Европѣ не могло быть видимо все явленіе, но лишь часть вступленія. Только на далекомъ сѣверѣ Европы, благодаря короткой арктической ночи, можно было наблюдать выступленіе тотчасъ послѣ восхода солнца. Поэтому между прочимъ была послана экспедиція къ Вардгусу подъ 70°23′ сѣверной широты. Южной точкой наблюденія можно считать Отаити подъ 17°29′ южной широты. Параллактическая разность между обоими мѣстами была значительно больше, чѣмъ при предыдущемъ прохожденіи, но на этотъ разъ черная капля опять представила значительныя затрудненія, хотя и не была неожиданностью. Какъ разъ въ обоихъ названныхъ крайнихъ мѣстахъ оказались различія въ 20 и въ 22 секунды въ наблюденіяхъ одного и того же момента различными наблюдателями. Поэтому опять изъ наблюденій были получены совершенно различныя величины для солнечнаго параллакса: наименьшая величина его равнялась 7″,5. Подробныя изслѣдованія Лекселля надъ прохожденіемъ 1769 года дали для этой основной величины 8″,63. Позднѣе Энке изслѣдовалъ еще разъ всѣ наблюденія, произведенныя надъ обоими прохожденіями прошлаго столѣтія, взявъ въ разсчетъ 250 наблюденій, и нашелъ изъ нихъ солнечный параллаксъ равнымъ 8,577±0,0370 дуговымъ секундамъ, — величина, которая еще лѣтъ тридцать тому назадъ считалась лучшей. Разстояніе солнца отъ земли, если принять для вычисленія эту величину и положить въ основаніе размѣры земли, данные Бёсселемъ, равно 20.682,329 милямъ.

Однако, эта величина была неправильна, какъ показала провѣрка работы Энке, сдѣланная Повальки. Для того, чтобы принять въ разсчетъ всѣ наблюденія надъ касаніями дисковъ Венеры и солнца, даже и тѣ, которыя были сдѣланы только надъ вступленіемъ или только надъ выступленіемъ, Энке привелъ всѣ отдѣльныя наблюденія къ центру земли, пользуясь разностью долготы мѣста наблюденія относительно опредѣленнаго нулевого меридіана, и примѣняя нѣкоторый предварительный параллаксъ, поправку котораго онъ и искалъ по способу наименьшихъ квадратовъ. Но при этомъ оказалось, что географическія долготы нѣкоторыхъ мѣстъ наблюденія были взяты неправильно. Повторивъ вычисленія только для прохожденія 1769 года (предыдущія наблюденія, дѣйствительно, заслуживаютъ мало довѣрія), Повальки нашелъ солнечный параллаксъ равнымъ 8″,86.

Оба прохожденія въ настоящемъ столѣтіи дали совершенно такіе же результаты. Теперь въ нашемъ распоряженіи имѣются точныя измѣрительные инструменты, какъ напр., геліометръ, и мы можемъ пользоваться помощью фотографіи, поэтому намъ нѣтъ необходимости полагаться исключительно на очень неточный методъ наблюденія надъ касаніями: теперь производятся измѣренія и фотографированіе непрерывно во время прохожденія Венеры черезъ солнечный дискъ, такъ что наблюденія можно умножать по желанію. Конечно, было необходимо очень точно опредѣлить географическое положеніе мѣста наблюденія. Такимъ образомъ цѣли многочисленныхъ экспедицій расширились, ихъ снаряженіе стало дороже. Однако, передъ расходами не останавливались, такъ что экспедиціи для наблюденія прохожденія Венеры въ настоящемъ столѣтіи наряду съ работами европейскаго градуснаго измѣренія и изготовленія фотографическихъ картъ неба весьма внушительно свидѣтельствуютъ объ энергичной международной дѣятельности въ цѣляхъ изслѣдованія природы. Уже съ 1868 г. начались разностороннія подготовительныя работы для наблюденія перваго прохожденія, которое должно было наступить черезъ шесть лѣтъ. Инструменты были точно испытаны, построены приборы, которые искусственно воспроизводили прохожденіе Венеры и давали явленіе черной капли, такъ что съ нею можно было освоиться заранѣе. Всѣ цивилизованныя государства снарядили экспедиціи. Германія послала пять экспе-

диций съ геліометрами и фотографическими приборами. Онѣ отправились въ Чифу, въ Испагань, на одинъ изъ Аукленденскихъ острововъ, на Кергуэльскіе острова и на островъ св. Маврикія. Изъ этихъ станцій между Испаганью и Аукленденскими островами разность широтъ равна 93°. Франція послала шесть экспедицій, Англія не меньше 29, Россія 27. Средина явленія приходилась въ этотъ разъ, считая геоцентрически, утромъ 9 декабря въ 4 часа 15 минутъ 52 секунды по среднему парижскому времени. Продолжительность явленія равнялась 4 часамъ 39 минутамъ 15 секундамъ; кратчайшее разстояніе между центрами обоихъ свѣтилъ равнялось 13′ 47″ Слѣдовательно, Венера двигалась очень близко къ солнечному краю, что было неблагопріятнымъ условіемъ для полученія хорошихъ результатовъ. Погода также мало благопріятствовала экспедиціямъ. Величины для солнечнаго параллакса, полученныя изъ наблюденій, колебались въ предѣлахъ 8″,75 и 8″,93; во всякомъ случаѣ получилось число гораздо большее сравнительно съ тѣмъ, какое было принято со времени Энке.

Благопріятнѣе сложились обстоятельства для второго прохожденія 6 декабря 1882 г. Средина явленія падала на 5 часовъ 13 минутъ 47 секундъ пополудни по среднему парижскому времени, вся продолжительность его равнялась 6 часамъ 17 минутамъ 9 секундамъ, кратчайшее рязстояніе 10′ 41″ Все явленіе было видимо отъ Гудзонова залива въ сѣверной Америкѣ до мыса Горна. Въ Европѣ же можно было видѣтъ одно только вступленіе и то въ ея западныхъ частяхъ. Область выступленія лежала надъ Великимъ океаномъ. Германія на этотъ разъ послала четыре экспедиціи, именно въ Гартфордъ (Коннектикутъ), въ Айкенъ (Южная Каролина), въ Багію-Бланка (Аргентина) и въ Пунта Аренасъ (Магеллановъ проливъ). Результаты этого второго прохожденія увѣнчались бо́льшимъ успѣхомъ, благодаря опыту, какой наблюдатели имѣли при предыдущемъ прохожденіи. Прошло довольно долго, прежде чѣмъ стали извѣстны результаты экспедицій, сначала обработанные каждой націей въ отдѣльности, такъ какъ обрабатывать приходилось очень богатый матеріалъ. Тысячи фотографій положенія Венеры на солнечномъ дискѣ приходилось измѣрять подъ микроскопомъ съ величайшею точностью, чтобы опредѣлить положеніе планеты относительно солнечнаго центра въ данный моментъ наблюденія. Затѣмъ нужно было обработать наблюденія, которыя были произведены для опредѣленія географическаго положенія мѣста наблюденія. И въ концѣ концовъ, изъ всѣхъ наблюденій, произведенныхъ одной націей, надо было опредѣлить вѣроятнѣйшую величину солнечнаго параллакса, для чего требовалось обработать многія сотни уравненій. Мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы стали приводить здѣсь результаты отдѣльныхъ экспедицій. Средняя величина изъ всѣхъ наблюденій 1874 г. и 1882 г. до сихъ поръ еще не выведена. Однако, можно сказать, что она должна быть близка къ 8″,85.

Послѣ того какъ точное измѣрительное искусство сдѣлало удивительные успѣхи, пришли къ убѣжденію, что прохожденія Венеры не представляютъ существенной выгоды для опредѣленія солнечнаго параллакса, какъ это казалось во времена Галлея, или даже въ прошломъ столѣтіи. Притомъ же явленія эти слишкомъ рѣдки. Поэтому въ новѣйшее время совсѣмъ съ другихъ сторонъ стремятся опредѣлить величину солнечнаго параллакса. Въ дополненіе къ изложеннымъ результатамъ экспедицій для наблюденія прохожденій Венеры мы разсмотримъ и эти работы, для чего намъ придется нѣсколько углубиться въ исторію астрономіи.

Раньше (стр. 552) мы уже упоминали о попыткѣ Аристарха самосскаго опредѣлить отношеніе разстояній солнца и луны. Строго говоря, мы дол-

жны считать ее первымъ опредѣленіемъ солнечнаго параллакса, которое, впрочемъ, какъ мы уже знаемъ, было сдѣлано весьма ошибочно. Гораздо болѣе точный результатъ могъ бы имѣть Гиппархъ александрійскій. Ему пришла счастливая мысль, которую онъ связалъ съ идеей Аристарха. Легко показать, что сумма видимыхъ съ земли радіусовъ солнца и земной тѣни (на разстояніи луны) должна равняться суммѣ параллаксовъ солнца и луны. Первую угловую величину легко опредѣлить непосредственно; Гиппархъ считалъ ее равной 39+15=54 минутамъ, что довольно близко къ истинѣ. Но для того, чтобы отдѣлить другъ отъ друга два неизвѣстныхъ, содержащихся въ этомъ результатѣ, т. е. солнечный и лунный параллаксы, онъ долженъ былъ знать отношеніе ихъ другъ къ другу. Къ сожалѣнію, онъ принялъ невѣрный результатъ Аристарха, именно, что солнце круглымъ числомъ въ двадцать разъ дальше луны. Поэтому для солнечнаго параллакса онъ получилъ 2,7 минуты. Въ 1650 году голландецъ Венделинъ повторилъ наблюденіе Аристарха, измѣривъ уголъ между солнцемъ и луной во время первой и послѣдней четверти. Онъ опредѣлилъ его уже гораздо точнѣе, именно въ $89^0\ 45'$. Если эту величину вставить въ отношеніе Гиппарха, то для солнечнаго параллакса получится всего 14 дуговыхъ секундъ: слѣдовательно, для разстоянія солнца должна получиться величина значительно больше, чѣмъ это считалось до тѣхъ поръ. Вскорѣ затѣмъ, благодаря достопамятной экспедиціи Рише въ Кайенну, о которой мы уже говорили въ свое время, излагая наблюденія надъ маятникомъ, одновременно было произведено измѣреніе высоты Марса въ Кайеннѣ и въ Парижѣ, и искомая угловая величина уменьшилась до $9^1/_2''$, а слѣдовательно и для разстоянія солнца получилась бо́льшая величина, чѣмъ прежде.

Въ послѣднее время для опредѣленія солнечнаго параллакса не разъ повторялись меридіанныя наблюднія Марса; для этой цѣли наблюденія производятся въ пунктахъ, отдѣленныхъ возможно большою разностью широтъ. Само собою понятно, здѣсь, какъ и при прохожденіи Венеры, сначала наблюдаютъ параллаксъ самой планеты. Скоро мы увидимъ, что, зная только разстояніе какой нибудь планеты нашей системы, можно найти вычисленіемъ разстоянія всѣхъ остальныхъ планетъ, такъ какъ ихъ взаимное отношеніе можно опредѣлить со всею желаемою точностью. Однако, только опредѣленіе параллаксовъ даетъ отношеніе этихъ величинъ къ поперечнику земли, а вмѣстѣ съ тѣмъ и къ извѣстной единицѣ мѣры, напр., къ условному метру. Для того, чтобы получить по возможности большое параллактическое смѣщеніе, можно взять изъ большихъ планетъ только близкія къ землѣ, Венеру и Марсъ. Но такъ какъ Венера при своемъ наименьшемъ разстояніи къ землѣ стоитъ между нами и солнцемъ, то наблюденіе ея представляетъ затрудненія, если она не проходитъ какъ разъ передъ солнцемъ. Для Марса же въ этомъ смыслѣ мы имѣемъ отношенія наиболѣе благопріятныя, такъ какъ онъ находится въ ближайшемъ положеніи къ намъ, когда кульминируетъ въ полночь, слѣдовательно, находится въ противостояніи. Изъ точныхъ опредѣленій высоты Марса во время противостоянія 1877 года, которыя были произведены одновременно на мысѣ Доброй Надежды и въ различныхъ европейскихъ обсерваторіяхъ, Гилль нашелъ солнечный параллаксъ равнымъ $8'',78$, Истманъ же $= 8,''95$.

По предложенію Галле, съ семидесятыхъ годовъ для этой цѣли пользуются астероидами, или малыми планетами, которыя хотя и находятся дальше Марса, но представляютъ то преимущество, что кажутся намъ точками, и потому въ измѣрительныхъ инструментахъ ихъ можно устанавливать точнѣе, чѣмъ край планеты. Изъ наблюденій надъ малою планетою Флорой въ 1873 г. Галле нашелъ солнечный параллаксъ равнымъ $8'',873$.

Наблюденія надъ Юноной дали въ 1874 г. (по опредѣленіямъ лорда Линдсея и Гилля) 8″,765 *).

Другой, совершенно особый методъ для опредѣленія этой основной величины состоитъ въ измѣреніи скорости свѣта сначала астрономическимъ путемъ, затѣмъ при помощи физическихъ опытовъ. Такимъ образомъ, напр., Вильгельмъ Струве опредѣливъ такъ называемую постоянную аберрацію, съ которой мы познакомимся позднѣе, нашелъ, что свѣту нужно 8 минутъ 17,8 секунды, чтобы дойти отъ солнца до насъ. Какъ мы уже видѣли, эту величину можно опредѣлить также наблюденіями надъ затменіями спутниковъ Юпитера. Но такъ какъ ихъ затменія наступаютъ не моментально, то для данной цѣли и не представляютъ достаточной точности. Какъ мы знаемъ, Фуко опредѣлилъ скорость свѣта круглымъ числомъ въ 300,000 клм. въ секунду. Слѣдовательно, въ указанное выше время свѣтъ проходитъ 149½ милліоновъ клм. На такомъ разстояніи радіусъ земли виденъ подъ угломъ въ 8,86 секундъ. Такую величину для солнечнаго параллакса, получаемъ мы изъ измѣренія скорости свѣта. Въ 1784 г. французъ Корню повторилъ эти измѣренія и нашелъ скорость свѣта равной 300,330 клм. въ секунду. Далѣе Деламбръ снова опредѣлилъ свѣтовое время для солнечнаго разстоянія и нашелъ его на 4,6 секунды меньше, чѣмъ Струве. Обѣ послѣднія величины вмѣстѣ даютъ солнечный параллаксъ, немногимъ отличающійся отъ послѣдней приведенной нами величины, именно 8″,881 **).

Итакъ, мы видимъ, что величины найденныя за послѣднее время, колеблются большею частью между 8,8 и 8,9. Сюда же надо присоединить еще другіе результаты, добытые нѣкоторыми косвенными путями, которыхъ мы не будемъ здѣсь разсматривать. Всѣ данныя для солнечнаго параллакса недавно были сопоставлены Ньюкомбомъ, который для этой важнѣйшей астрономической постоянной далъ, какъ наиболѣе вѣроятную, величину 8″,85. Навѣрное, она отклоняется отъ истины не болѣе, чѣмъ на одну сотую долю дуговой секунды. Солнечное разстояніе оказывается при этой величинѣ равнымъ 24266 земнымъ экваторіальнымъ радіусамъ или, при данныхъ Бесселя, 154.757,000 клм. Если, дѣйствительно, ошибка этой величины не превышаетъ сотой доли секунды, то она близка къ истинѣ до 175,000 клм., или до 27½ земныхъ радіусовъ. Наиболѣе удаленныя планеты нашей системы въ тридцать разъ дальше отъ насъ, чѣмъ солнце, а извѣстныя кометы даже въ нѣсколько сотъ разъ. Ближайшія неподвижныя звѣзды удалены отъ насъ на сотни тысячъ такихъ астрономическихъ единицъ (солнечныхъ разстояній). Если теперь принять въ разсчетъ, что во всѣ эти измѣренія разстояній войдетъ ошибка солнечнаго параллакса, умноженная на эти относительныя числа, то мы поймемъ, сколько еще остается сдѣлать для того, чтобы наши знанія относительно разстояній во вселенной стали болѣе точными. Отмѣтимъ здѣсь еще разъ, что, руководясь строгими геометрическими правилами, мы можемъ съ необычайно большою точностью опредѣлять относительныя разстоянія небесныхъ свѣтилъ, служащія намъ какъ для выясненія законовъ движеній и порядка, царящаго во вселенной, такъ и для рѣшенія вопроса объ общей примѣнимости этихъ законовъ. Большая же неточность, на которую мы указали, только тогда входитъ въ разсчеты, когда мы ставимъ себѣ задачей перевести относительныя величины на понятную человѣку абсолютную

---

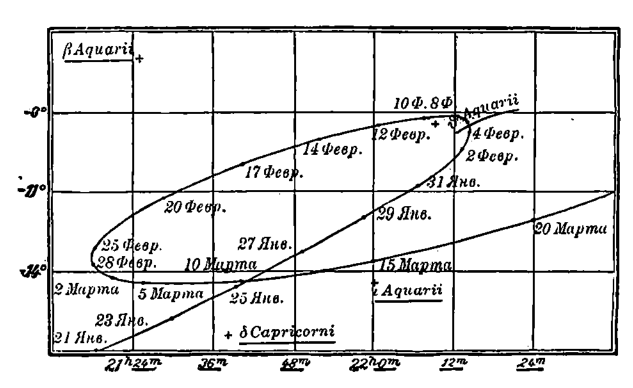
*) Недавно открытая г. Витомъ малая планета Эросъ находится во время нѣкоторыхъ противостояній ближе къ землѣ, чѣмъ Марсъ, и потому представитъ возможность съ большею точностью опредѣлить солнечный параллаксъ. *С. Глазенапъ.*

**) Послѣднее опредѣленіе времени прохожденія свѣтомъ разстоянія отъ солнца до земли произведено мною. *С. Глазенапъ.*

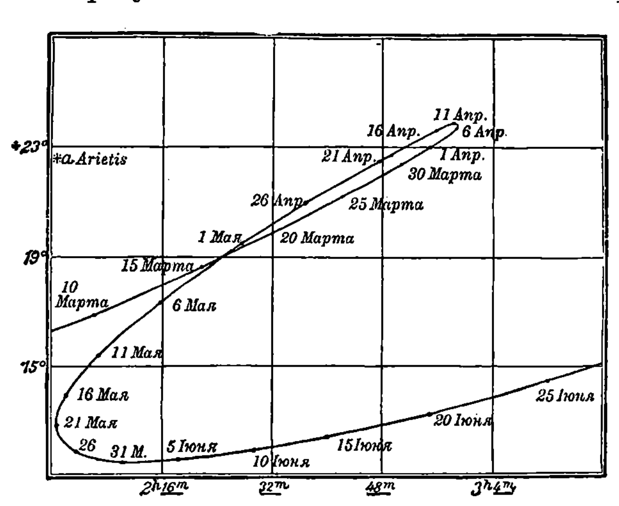
мѣру. Поэтому-то и необходимо достичь наиболѣе высокой точности въ опредѣленіи такихъ мѣръ, какъ условный метръ, и тщательно сохранять ихъ.

8. Видимыя движенія планетъ.

Слѣдя за движеніемъ планетъ такимъ же точно образомъ, какъ за движеніемъ солнца и луны, мы скоро замѣтимъ въ нихъ особенности, которыя не наблюдаются въ движеніяхъ послѣднихъ свѣтилъ: во-первыхъ при движеніи планетъ скорость ихъ сильно мѣняется, во-вторыхъ въ извѣстныя времена онѣ даже начинаютъ двигаться въ обратную сторону! Ихъ прямое восхожденіе начинаетъ уменьшаться, тогда какъ у солнца и луны оно всегда возрастаетъ, совершая полный кругъ. Такимъ образомъ планеты обладаютъ возвратнымъ движеніемъ. При этомъ онѣ большей частью измѣняютъ и экваторіальную широту, такъ что при вторичномъ поворотѣ движенія образуется настоящая петля, какъ это изображено на прилагаемыхъ рисункахъ для большихъ планетъ. Форма и величина этихъ петель не только различны для различныхъ планетъ, но онѣ мѣняются даже для одной и той же планеты.



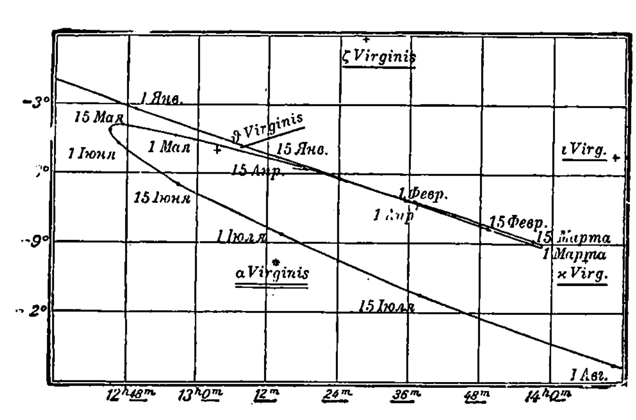
Видимыя движенія Меркурія въ 1889 г.



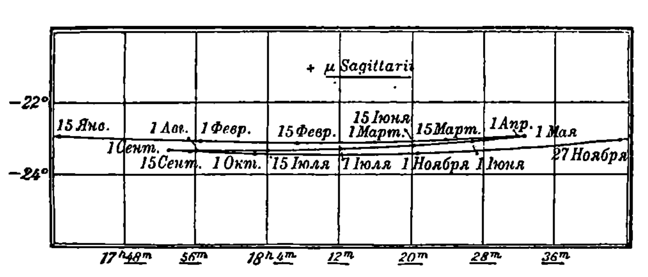
Видимыя движенія Венеры въ 1889 г.

Прослѣдимъ, для примѣра, движенія **Меркурія** во время одного синодическаго обращенія, которое совершается приблизительно въ 116 дней. Начнемъ съ верхняго соединенія планеты съ солнцемъ, бывшаго 28 ноября 1896 года. Извѣстно, что планета въ это время стояла по ту сторону солнца и имѣла наименьшій поперечникъ. Она находится нѣсколько южнѣе солнца; при этомъ движется поступательно, причемъ предшествуетъ солнцу. Ея южное склоненіе все увеличивается и становится приблизительно на 2° больше, чѣмъ бываетъ самое большое южное склоненіе солнца; планета, слѣдовательно находится къ югу отъ эклиптики. Затѣмъ прямое движеніе уменьшается все болѣе и болѣе. 10 января 1897 года планета переходитъ черезъ эклиптику на сѣверную сторону послѣдней; она находится въ восходящемъ узлѣ. Между 12 и 13 ея движеніе въ прямомъ восхожденіи почти равно нулю, но южное склоненіе продолжаетъ убывать, т. е. планета движется почти какъ разъ на сѣверъ. Затѣмъ планета поворачивается,

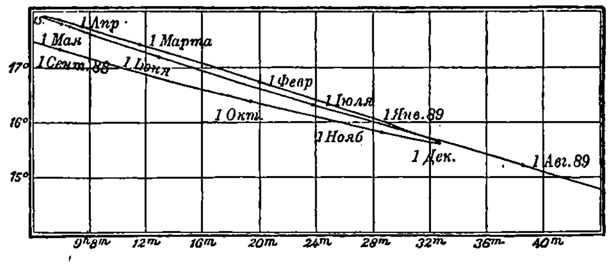
восхожденіе ея убываетъ все быстрѣе, и 19 начинается обратное движеніе по кругу склоненія. Между тѣмъ планета, какъ можно заключить по увеличенію ея поперечника, все болѣе приближается къ намъ. Нижнее соединеніе съ солнцемъ происходитъ 22 декабря. Возвратное движеніе совершается еще до 3 февраля. Оно все продолжаетъ увеличиваться, но планета уже опять удаляется отъ насъ. 17 февраля она вторично проходитъ черезъ эклиптику на этотъ разъ къ югу; она стоитъ теперь въ нисходящемъ узлѣ. Этотъ переходъ черезъ эклиптику то въ одну сторону, то въ другую, происходитъ не въ соотвѣтственныхъ точкахъ, какъ при солнцѣ и лунѣ, гдѣ восходящій узелъ отдѣляется отъ нисходящаго угломъ въ 180°. Точно такъ же эти прохожденія не совершаются въ опредѣленныхъ точкахъ эклиптики, чтобы можно было говорить, какъ при солнцѣ и лунѣ, что узловая линія планеты имѣетъ медленное движеніе по эклиптикѣ. Такъ, напр., прохожденіе черезъ эклиптику въ восходящемъ движеніи совершилось 10 января при прямомъ восхожденіи въ $20^{ч}\ 45^{м}$, въ нисходящемъ движеніи 17 февраля при прямомъ восхожденіи въ $20^{ч}\ 21^{м}$, слѣдующій восходящій узелъ 8 апрѣля при прямомъ восхожденіи $1^{ч}\ 34^{м}$, нисходящій узелъ 16 мая при прямомъ восхожденіи $4^{ч}\ 4^{м}$. Послѣ того, какъ Меркурій 16 февраля прошелъ въ нисходящемъ движеніи эклиптику, прямое движеніе продолжалось дальше и не претерпѣло никакого измѣненія, пока планета не достигла 2 апрѣля 1897 года слѣдующаго верхняго соединенія съ солнцемъ; затѣмъ смѣна явленій повторилась въ томъ же порядкѣ при слѣдующемъ синодическомъ обращеніи.



Видимыя движенія Марса въ 1883 г.



Видимыя движенія Юпитера въ 1889 г.



Видимыя движенія Сатурна въ 1889 г.

Движенія всѣхъ планетъ согласуются въ томъ, что при каждомъ синодическомъ обращеніи онѣ дѣлаютъ только одну петлю. Для Меркурія и Венеры наибольшее возвратное движеніе по этой петлѣ происходитъ во время нижняго соединенія, т. е. когда разстояніе ихъ отъ насъ наименьшее. То же самое происходитъ и съ верхними членами. Онѣ такъ же показываютъ наибольшее возвратное движеніе, когда разстояніе ихъ отъ насъ наимень-

шее, т. е. когда онѣ находятся въ противостояніи. Но всѣ эти движенія совершаются вблизи эклиптики, отъ которой большія планеты могутъ удаляться всего на нѣсколько градусовъ. Наибольшія разстоянія отъ эклиптики при каждомъ синодическомъ обращеніи нѣсколько измѣняются, при этомъ они обнаруживаютъ нѣкоторую періодичность. Подробнѣе объ этой періодичности, какъ и о другихъ особенностяхъ планетныхъ движеній, мы будемъ говорить при изложеніи попытокъ объяснить ихъ. Здѣсь упомянемъ, что малыя планеты между Марсомъ и Юпитеромъ могутъ удаляться гораздо дальше отъ эклиптики, такъ что по характеру движеній онѣ занимаютъ особое положеніе.

Интересно отмѣтить еще, что изъ всѣхъ планетъ Меркурій имѣетъ самое большое среднее движеніе по небу, затѣмъ слѣдуютъ по порядку: Венера, Марсъ, малыя планеты, Юпитеръ, Сатурнъ, Уранъ, Нептунъ, т. е. здѣсь тотъ же порядокъ, въ какомъ мы, согласно объясненію, данному въ первой части, должны поставить и разстоянія планетъ. Въ согласіи съ этимъ стоитъ и другой фактъ: именно, петли планетъ постепенно уменьшаются въ томъ же самомъ порядкѣ. Это имѣетъ такой видъ, будто движенія, происходящія отъ одной и той же причины, мы разсматриваемъ все съ бóльшаго и бóльшаго разстоянія. Все возвратное движеніе Нептуна, самой далекой планеты, равно, приблизительно, $12^м$ въ прямомъ восхожденіи, а отъ одного до другого противостоянія планета подвигается впередъ только на $10^м$.

---

9. Развитіе воззрѣній на вселенную до Ньютона.

Разобравъ въ главнѣйшихъ чертахъ движенія по небесному своду солнца, луны и планетъ, мы обратимся теперь къ причинной связи, которая обнаруживается между этими движеніями даже для поверхностнаго взгляда. Съ этою цѣлью мы выберемъ тотъ путь, какимъ само человѣчество шло при выясненіи этого вопроса. Мы дѣлаемъ это не для того, чтобы слѣдить за историческимъ развитіемъ взглядовъ на устройство міра, хотя это и представляетъ высокій интересъ для человѣка, но исключительно въ тѣхъ видахъ, чтобы такимъ образомъ можно было легче преодолѣть затрудненія, какія представляетъ съ перваго раза уясненіе великихъ истинъ небесной механики.

Первыя воззрѣнія на мірозданіе, понятно, основывались на непосредственно видимомъ. Для грековъ, за исключеніемъ немногихъ просвѣщенныхъ умовъ, вселенная отождествлялась съ землей, которая представлялась громаднымъ дискомъ, плавающимъ по безпредѣльному океану. Надъ землею сводомъ поднималось хрустальное полушаріе, къ которому были прикрѣплены звѣзды. Аполлонъ, поднимаясь изъ океана, проѣзжалъ по небесному своду на своихъ солнечныхъ коняхъ и вечеромъ опять опускался въ волны моря. Ночью онъ проплывалъ со своими конями по океану вокругъ земного диска, а затѣмъ опять поднимался на востокѣ.

Мы знаемъ, что, впослѣдствіи это воззрѣніе пришлось измѣнить, когда были сдѣланы первые шаги къ градусному измѣренію; благодаря имъ узнали, что земля не можетъ быть дискомъ, но, какъ полагали вначалѣ, имѣетъ приблизительно цилиндрическую форму. Анаксимандръ, ученикъ Фалеса, развивалъ этотъ взглядъ около 550 г. до Р. Х. Если вникнуть въ дѣло, то легко понять, что шагъ отъ дискообразной формы земли къ цилиндрической явился серьезнымъ переворотомъ. Человѣческій умъ долженъ былъ остановиться на время на этомъ воззрѣніи, чтобы освоиться съ тѣми важными слѣдствіями, какія изъ него вытекали, прежде чѣмъ пришло время сдѣлать дальнѣйшій шагъ впередъ. Тогда какъ до

тѣхъ поръ существовали безусловныя понятія — верхъ и низъ, по новому воззрѣнію, земля парила въ свободномъ пространствѣ. Создалась идея объ антиподахъ, которая еще и нынѣ нѣкоторыми усваивается съ трудомъ. Пришлось признать, что подъ нашимъ горизонтомъ поднимается сводомъ такое же небесное полушаріе, какое мы видимъ надъ нами, такъ что земля какъ бы заключена въ громадный хрустальный шаръ, который составляетъ грань между міромъ, доступнымъ для человѣка, и міромъ безконечнымъ, божественнымъ. Подъ нашимъ горизонтомъ это полушаріе, очевидно, должно имѣть другой небесный полюсъ, между обоими полюсами пролегаетъ міровая ось, на srединѣ которой какъ бы насажена цилиндрическая земля. Представляли, что міровая ось дѣйствительно была прикована къ небесному своду прочной матеріальной связью, ибо само собой понятно, идея свободно парящаго тѣла тогда еще не могла быть усвоена.

Продолженіе примитивныхъ работъ по измѣренію земли и другія соображенія, поводомъ для которыхъ служила, прежде всего, всегда одинаковая форма земной тѣни во время лунныхъ затменій, все болѣе укрѣпляли убѣжденіе, что земля есть тѣло круглое со всѣхъ сторонъ, т. е., по крайней мѣрѣ, приблизительно, шарообразное. Такое же убѣжденіе должно было сложиться и относительно двухъ небесныхъ свѣтилъ, которыя казались самыми большими: солнца и луны. Съ теченіемъ времени, относительно ихъ истинной величины было получено такъ много данныхъ, что пришлось считать ихъ тѣлами, до извѣстной степени родственными съ землей. Но, вѣдь, эти громадныя тѣла, совершающія въ своемъ движеніи вокругъ земли могучій полетъ надъ нашими головами, должны быть достаточно прочно укрѣплены. Сфера неподвижныхъ звѣздъ для этого не подходила: въ то время было уже извѣстно независимое движеніе находящихся на ней свѣтилъ. Поэтому вообразили двѣ новыхъ сферы, для солнца и луны. Онѣ меньше, чѣмъ сфера неподвижныхъ звѣздъ и концентрически къ этой послѣдней удерживаются на міровой оси. Хотя обѣ сферы участвуютъ въ движеніи сферы неподвижныхъ звѣздъ, обращающейся разъ въ сутки, но каждая изъ нихъ обладаетъ еще и независимымъ движеніемъ. Къ нимъ скоро присоединили еще пять другихъ сферъ, по одной для каждой большой планеты.

Въ исторической послѣдовательности, идущей параллельно логическому развитію мысли, это новое ученіе о міровыхъ сферахъ переноситъ насъ уже почти на $1^1/_2$ столѣтія впередъ сравнительно съ эпохою болѣе элементарнаго воззрѣнія Анаксимандра. Ученіе о сферахъ впервые съ полной ясностью излагалъ Евдоксъ и его современникъ и другъ Платонъ въ своей „Республикѣ“. Но нѣтъ сомнѣнія, что уже Пиѳагоръ, или его ученики думали объ этой идеѣ.

Какъ извѣстно, изъ этой идеи развилась дальнѣйшая идея о музыкѣ сферъ, при чемъ каждую изъ семи планетныхъ сферъ сравнивали съ однимъ изъ семи тоновъ октавы; восьмой тонъ, высшую октаву, представляло primum mobile, — сфера неподвижныхъ звѣздъ. Были убѣждены, что колоссальные полые шары, къ которымъ прикрѣплены такія большія тѣла, какъ солнце и луна, при вращеніи должны издавать тонъ, какъ быстро вращающіяся колеса какого нибудь механическаго аппарата. Различные тона, происходящіе при этомъ (иногда взаимное отношеніе отдѣльныхъ планетныхъ движеній могло устанавливаться по произволу подобно отношенію терцій или квартъ) соединяются въ чудесную гармонію, могучіе звуки которой наполняютъ всю вселенную. Только мы, несовершенные земнородные, не можемъ слышать этой небесной музыки, которая составляетъ вѣчное наслажденіе олимпійцевъ. Пиѳагорейцы, прельстившись замѣчательными открытіями простыхъ числовыхъ отношеній для длины колеблющихся и гармонически звучащихъ струнъ, были убѣждены, что въ такихъ

числовыхъ отношеніяхъ скрыта и вся тайна мірового порядка. Этимъ, несомнѣнно, они дали дальнѣйшій толчекъ для болѣе тщательныхъ наблюденій надъ движеніями небесныхъ свѣтилъ. Болѣе того, хотя эта часто осмѣиваемая мистика чиселъ и проникла, въ формѣ странной игры числами, во всѣ отрасли знанія природы и до поздѣйшаго времени среднихъ вѣковъ господствовала надъ философскимъ пониманіемъ природы, однако, она носила въ себѣ зародышъ, которому мы обязаны расцвѣтомъ и развитіемъ нашихъ современныхъ точныхъ изслѣдованій природы не въ одной только астрономіи. Въ гармоніи міровыхъ сферъ дѣтски наивный умъ, располагавшій еще ничтожнымъ опытомъ въ вопросахъ изученія природы, предчувствовалъ великую идею о единствѣ силъ природы, управляющихъ міромъ. Къ этой идеѣ все настойчивѣе приводитъ насъ каждое новое открытіе въ обширномъ царствѣ природы. Она наполняетъ въ наше время все естествознаніе и руководитъ имъ.

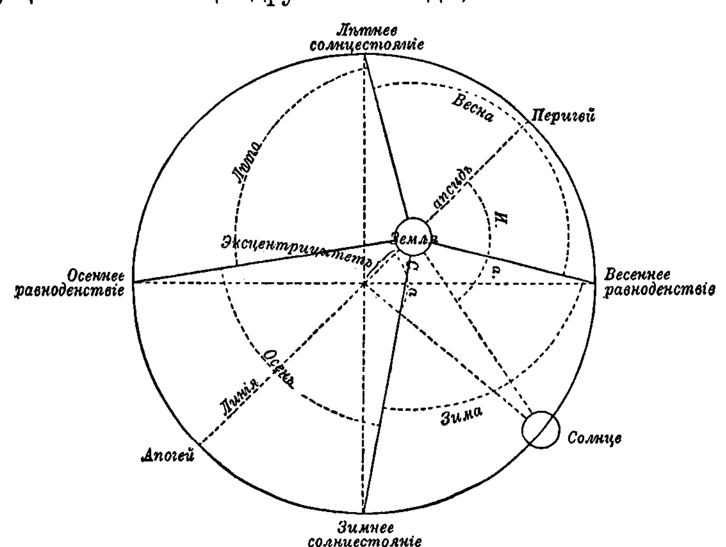
Послѣ того, какъ были пріобрѣтены дальнѣйшія знанія относительно движенія небесныхъ свѣтилъ, описаніе котораго уже сдѣлано нами въ предшествовавшихъ главахъ, потребовалось мало-по-малу соотвѣтственнымъ образомъ пополнить идею о сферахъ, составлявшихъ основу порядка вселенной. Въ міровоззрѣніи болѣе древнихъ философовъ Греціи считалось непоколебимымъ фактомъ, что земля есть въ мірозданіи главное тѣло, которому подчинены всѣ небесныя сферы, и что она находится въ самомъ центрѣ міра. Поэтому всѣ тѣ многочисленныя усложненія, которыя мы теперь знаемъ, какъ, напр., движенія узловъ, образованіе петель и т. п., можно было объяснять только новыми сферами, которыя общимъ взаимодѣйствіемъ вліяли на одно и то же небесное свѣтило. Согласно этому принципу, и вмѣстѣ съ тѣмъ согласно мнѣнію, которое въ то время также считалось неопровержимымъ, именно, что движеніе самыхъ сферъ въ гармоническомъ устройствѣ мірового цѣлаго должно совершаться съ равномѣрною скоростью, остроумный другъ Платона, Эвдоксъ, жившій въ первой половинѣ 4 вѣка до Р. X., построилъ систему міра, которая у грековъ долгое время сохраняла свое значеніе.

Эвдоксъ для объясненія дѣйствительнаго движенія луны представилъ себѣ три входящія другъ въ друга сферы, изъ которыхъ каждая совершала одно изъ трехъ отдѣльныхъ движеній луны, извѣстныхъ въ то время. Ось первой сферы проходила черезъ полюсы міра и черезъ центръ земли. Къ этой сферѣ была прикрѣплена ось, на которой находилась вторая сфера, обращавшаяся одинъ разъ въ мѣсяцъ и, наконецъ, только третья сфера, обнимавшая обѣ первыя, и связанная со второю, дѣйствительно несла на себѣ луну и управляла движеніемъ узловъ. Солнцу Эвдоксъ далъ три такія же сферы, хотя до него движеніе узловъ солнечной орбиты еще не наблюдалось; слѣдовательно, онъ только подозрѣвалъ ея существованіе. Для пяти остальныхъ планетъ (солнце и луна считались тогда планетами) онъ не могъ уже обойтись тремя такими сферами. Потребовалось присоединить еще по двѣ, для того чтобы объяснить образованіе петель, но здѣсь онъ выпустилъ сферу для движенія узловъ, такъ какъ о такомъ движеніи этихъ свѣтилъ тогда ничего не было извѣстно. Итакъ, для каждой изъ этихъ пяти планетъ въ мірозданіи существовало четыре отдѣльныхъ сферы. Такимъ образомъ взгляды на механическій строй міра со времени Пиѳагора, т. е. въ теченіе почти 200 лѣтъ, существенно усложнились. Небо Евдокса имѣло не менѣе 27 сферъ, по три для солнца и луны, по четыре для пяти большихъ планетъ и Primum mobile, большую сферу неподвижныхъ звѣздъ.

За остроумнымъ Эвдоксомъ слѣдовалъ далеко не столь геніальный Калиппъ, который произвольно присоединилъ еще 22 сферы. Съ теченіемъ времени небесная машина представлялась все сложнѣе, такъ что въ

концѣ концовъ настойчиво выступила необходимость болѣе простого и яснаго воззрѣнія.

Принципъ равномѣрнаго движенія по кругу, лежавшій въ основаніи всѣхъ древнихъ воззрѣній на міръ и сохранившійся еще долго даже послѣ Коперника, впервые былъ поколебленъ Гиппархомъ, открывшимъ, что длина временъ года не одинакова. Гиппархъ первый нашелъ перигей и апогей солнца и установилъ, что вблизи перваго оно движется быстрѣе, чѣмъ вблизи второго. Но аксіома о совершенно равномѣрномъ движеніи небесныхъ свѣтилъ слишкомъ глубоко вошла всѣмъ въ плоть и кровь, и Гиппархъ, на основаніи только своихъ открытій, не могъ рѣшиться уничтожить ее. Для него существовалъ еще другой выходъ, чтобы объяснить эти факты, поскольку они тогда были извѣстны. Именно, допустимъ, что движеніе солнца совершается съ равномѣрной скоростью и по кругу, но около центра, который не совпадаетъ съ центромъ земли, а лежитъ внѣ его, гдѣ нибудь въ свободномъ пространствѣ; тогда, дѣйствительно, намъ должно казаться, что солнце движется неравномѣрно, — быстрѣе, когда оно идетъ по части круга, къ которой земля стоитъ ближе, медленнѣе— въ противоположной части. Прилагаемый рисунокъ поясняетъ это. Центръ солнечнаго движенія находится здѣсь въ точкѣ пересѣченія пунктирныхъ линій, тогда какъ сплошныя линіи сходятся въ центрѣ земли. Путемъ пробъ можно найти подходящее мѣсто для точки, находясь въ которой наблюдатель, дѣйствительно, будетъ видѣть описанныя особенности движенія, хотя на самомъ дѣлѣ оно совершается равномѣрно по кругу. Линію, соединяющую перигей и апогей, образующіеся при этомъ, уже Гиппархъ назвалъ линіей апсидъ. Отношеніе измѣреннаго по ней разстоянія центра солнечной орбиты и центра земли къ радіусу орбиты названо было **эксцентрицитетомъ** послѣдней. Наконецъ, угловое разстояніе солнца отъ перигея, считая его съ земли, въ какой нибудь опредѣленный моментъ называется **истинной аномаліей**, угловое же разстояніе солнца отъ той же точки, если считать его изъ центра кругового движенія, — **средней аномаліей**. Эти выраженія удержались въ астрономическомъ языкѣ для всѣхъ орбитальныхъ движеній и по настоящее время.

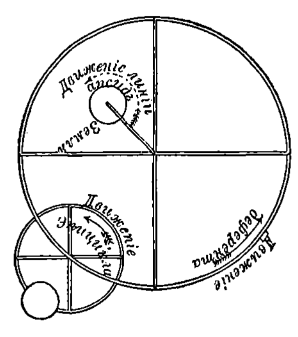


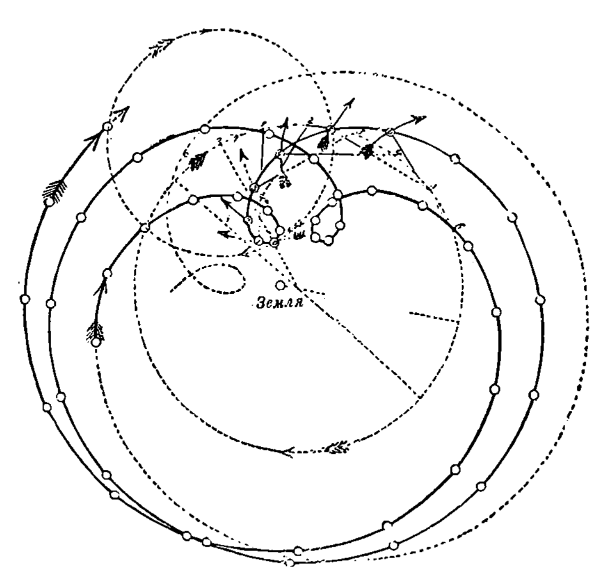
С. а. = Средняя аномалія. И. а. = Истинная аномалія.

Объясненіе неравномѣрнаго движенія солнца, по Гиппарху.

Такимъ образомъ Гиппархъ **вывелъ землю изъ центра движенія**. Но онъ и не подозрѣвалъ, какую громадную важность представляетъ эта идея, составлявшая первый шагъ къ разрушенію стараго догмата о господствующемъ положеніи земли въ центрѣ вселенной. Сила, заставляющая небесныя свѣтила обращаться по небесному своду, по его убѣжденію, исходитъ не изъ тѣла земли. Послѣ того какъ Гиппархъ

перемѣстилъ центръ движенія свѣтилъ въ пустое пространство, т. е. въ точку, которая никакимъ образомъ не находилась въ матеріальномъ соединеніи съ землей, — мнимымъ центромъ міра, уже невозможно было представить какой либо механизмъ, который, на подобіе сферъ Эвдокса, былъ бы соединенъ твердыми осями съ тѣломъ земли, находящейся въ покоѣ, и ею приводился бы въ движеніе. Центръ лунной орбиты Гиппархъ точно такъ же скоро помѣстилъ внѣ земли. И для нея онъ далъ направленіе линіи апсидъ, эксцентрицитетъ, перигей и апогей. Наконецъ Гиппархъ узналъ также, что лунная линія апсидъ имѣетъ прямое движеніе въ противоположность узловой линіи, которая движется возвратно. Оба движенія Гиппархъ опредѣлилъ съ удивительной для его времени точностью, такъ что его міровая система по крайней мѣрѣ въ этомъ отношеніи совершенно стояла на высотѣ знаній его времени, т. е. выясняла явленія. Такъ, напр., по числамъ, даннымъ Гиппархомъ, можно было бы съ точностью до одного дня опредѣлить напередъ наступленіе полнолунія для настоящаго времени, т. е. черезъ періодъ въ 2000 лѣтъ. Великій александрійскій астрономъ началъ также точнѣе изслѣдовать движенія планетъ, представляющія болѣе значительныя затрудненія. Но большой шагъ впередъ въ этомъ направленіи удалось сдѣлать только его послѣдователю Птоломею, который былъ равенъ Гиппарху по силѣ ума.


Механизмъ эпициклическаго движенія, по Птоломею.



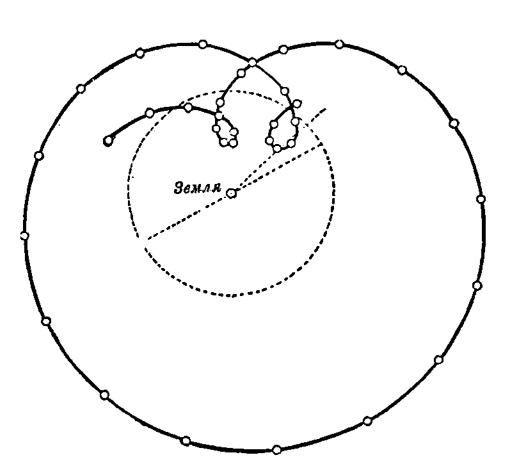
Движеніе Марса по Птоломею.

Птоломеева система міра, которая царила, не оспариваемая никѣмъ, до Коперника, т. е. $1^1/_2$ тысячи лѣтъ, была вполнѣ построена на наблюденіяхъ и вычисленіяхъ Гиппарха. Птоломей развилъ свою систему въ знаменитомъ „Альмагестѣ“, который до позднѣйшаго времени среднихъ вѣковъ почитался почти наравнѣ съ божественнымъ откровеніемъ. Сомнѣніе въ словахъ Альмагеста считалось преступленіемъ.

Птоломей удержалъ эксцентрическіе круги Гиппарха неизмѣнными. Но по его ученію, пять настоящихъ планетъ (т. е. исключая солнце и луну) не обращаются прямо по периферіи этихъ круговъ; по ней движется центръ другого круга, и только по этому послѣднему обращается планета. Мы выяснимъ себѣ этотъ механизмъ по возможности наглядно и осязательно. Представимъ, что въ центрѣ земли укрѣпленъ шестъ, длина котораго равна эксцентрицитету круговой орбиты Гиппарха для соотвѣтственнаго свѣтила. Пусть этотъ шестъ соединяетъ центръ земли съ центромъ круговой орбиты, лежитъ какъ разъ по направленію линіи апсидъ и представляетъ часть ея. Представимъ далѣе, что на свободный конецъ этого шеста надѣто громадное колесо, которое соотвѣтствуетъ орбитѣ свѣтила

по Гиппарху. Намѣтимъ на окружности этого колеса точку, которая будетъ изображать планету, и затѣмъ станемъ повертывать колесо вокругъ крайней точки шеста. Тогда эта точка будетъ совершать такое именно движеніе, какое Гиппархъ предполагалъ для солнца и луны. Медленное движеніе шеста вмѣстѣ съ громаднымъ колесомъ вокругъ центра земли представитъ движеніе линіи апсидъ. Дополненіе къ этому, которое Птоломей ввелъ для пяти планетъ, состоитъ въ томъ, что на периферіи большого колеса помѣщается центръ малаго круга. При вращеніи колеса этотъ центръ совершаетъ круговое движеніе, какъ планета по Гиппарху. По Птоломею, самая планета движется только по периферіи малаго круга. Большой кругъ названъ Птоломеемъ деферентомъ, малый — эпицикломъ. Отсюда и вся форма движенія называется эпициклическою.

На верхнемъ рисункѣ на стр. 562 и изображенъ механизмъ этого движенія, соотвѣтственно нашему описанію. На нижнемъ рисункѣ на стр. 562 представлено, на основаніи числовыхъ данныхъ „Альмагеста", движеніе планеты Марсъ вокругъ земли по эпицикламъ Птоломея, а на стр. 563 дѣйствительное движеніе Марса какъ оно происходило въ 1888—90 гг., согласно нашимъ современнымъ лучшимъ наблюденіямъ, только при томъ условіи, что земля предполагается неподвижной. Сравненіе обоихъ рисунковъ показываетъ, какъ поразительно похожи обѣ кривыя одна на другую, и какъ вѣрно, слѣдовательно, уже Птоломей могъ по своей теоріи находить отношеніе мѣняющихся взаимныхъ разстояній обѣихъ планетъ, Земли и Марса. Второй нашъ рисунокъ сдѣланъ такъ, что по нему можно судить вполнѣ правильно объ истинныхъ разстояніяхъ, какими они были на самомъ дѣлѣ. Кстати сказать, не надо удивляться, что нарисованныя здѣсь петли имѣютъ совершенно иной видъ, чѣмъ дѣйствительныя, видимыя съ земли (см. рис. на стр. 556 и 557). На рисункѣ эти движенія представлены такъ, какъ они кажутся съ нѣкоторой точки, лежащей на линіи, перпендикулярной къ плоскости орбиты планеты. На самомъ же дѣлѣ движенія, если наблюдать ихъ въ направленіи эклиптики, испытываютъ соотвѣтственное сокращеніе. Обѣ послѣднія кривыя различаются главнымъ образомъ тѣмъ, что во второй кривой, которая соотвѣтствуетъ дѣйствительнымъ отношеніямъ, вторая петля меньше первой, тогда какъ, по Птоломею, всѣ петли необходимо должны быть одинаковой величины. Эти неравенства, однако, тогда еще не наблюдались.



Дѣйствительное движеніе Марса относительно земли, при условіи, что послѣдняя находится въ покоѣ.

Теперь мы разсмотримъ, какое общее реформирующее значеніе имѣли эти новыя представленія о міровомъ устройствѣ. Напомнимъ, однако, что мы не имѣемъ въ виду давать историческаго очерка астрономіи. Мы только случайно вдались въ историческое изложеніе, желая выяснить естественный ходъ развитія нашихъ собственныхъ воззрѣній, какъ онъ представляется логически необходимымъ, по мѣрѣ того какъ мы вводимъ въ наши первоначальныя объясненія все новые факты и согласно имъ должны видоизмѣнять наши объясненія.

Мы видѣли, что Птоломей удержалъ эксцентрическіе круги Гиппарха: мысль, приближавшая человѣка къ истинѣ никогда не могла затеряться

въ развитіи астрономическаго знанія. То, что сдѣлалъ для астрономіи Птоломей, введшій эпициклическіе круги, на первый взглядъ можетъ показаться, пожалуй, уклоненіемъ отъ истиннаго пути. Запутанная система двухъ колесъ, въ которой ось вращенія одного изъ нихъ обращается по окружности другого, кажется намъ весьма странной, Само собою разумѣется, что это допущеніе не давало никакого удовлетворительнаго объясненія происхожденію движеній. Отыскиваніе причинъ считалось тогда вообще безполезнымъ трудомъ, такъ какъ казалось совершенно невозможнымъ когда либо найти эти причины. Не въ этомъ и заключалась заслуга Птоломея. Она состояла главнымъ образомъ въ томъ, что Птоломей окончательно отказался отъ ученія о сферахъ, по крайней мѣрѣ по отношенію къ планетамъ, Солнцу и Лунѣ. Эпициклическіе круги были совсѣмъ несовмѣстимы съ твердыми прозрачными сферами, къ которымъ, по ученію Эвдокса и древнихъ философовъ, прикрѣплены небесныя тѣла, такъ какъ при эпициклическомъ движеніи свѣтила должны заходить то далеко впередъ сферъ, то далеко за нихъ. Птоломей уничтожилъ всѣ эти планетныя сферы и оставилъ только послѣднюю, самую большую, Она на границѣ вселенной несетъ миріады неподвижныхъ звѣздъ и даже, при внимательномъ наблюденіи, совершаетъ, повидимому, въ точности круговое движеніе вокругъ центра земли.

Итакъ, въ ученіи Птоломея впервые появилось если не убѣжденіе, то по крайней мѣрѣ предчувствіе, что небесныя свѣтила движутся въ пространствѣ свободно. Онъ разбилъ старыя неподвижныя формы и открылъ для свободной мысли новыя точки зрѣнія. Второе великое преимущество птоломеевой системы заключается въ ея гибкости, благодаря которой можно было подводить подъ нее всѣ вновь наблюдаемые факты; надо было только, смотря по фактамъ, постоянно измѣнять или эксцентрицитетъ, или радіусъ деферента, или величину эпициклическаго круга. Даже открытое вскорѣ наклоненіе планетныхъ орбитъ къ эклиптикѣ не представило никакихъ затрудненій для этой системы. Стоило только эпициклу или деференту придать соотвѣтственный наклонъ, чтобы найденныя отклоненія привести въ согласіе съ теоріей. По идеѣ Птоломея можно было бы изобрѣсти искусный часовой механизмъ, колеса котораго двигались бы со скоростью вполнѣ равномѣрной, въ то время какъ самый механизмъ правильно совершалъ бы движеніе, кажущееся неравномѣрнымъ и узловымъ. Итакъ эта система вполнѣ отвѣчала своей цѣли. Она наилучшимъ образомъ соотвѣтствовала степени умственнаго развитія того времени и могла сохраниться еще въ теченіе многихъ послѣдующихъ столѣтій.

Поэтому нѣтъ ничего удивительнаго, что птоломеева система пережила паденіе знаменитаго александрійскаго университета, сохранивъ всю свою жизненность. Позднѣе арабы, покорители Египта, стремившіеся мечемъ распространить религію пророка по всему міру, перенесли систему Птоломея въ Багдадъ, Пользуясь плодами богатой культуры покоренной и пришедшей въ упадокъ Греціи, сами побѣдители скоро достигли высокой степени цивилизаціи. Съ поразительной воспріимчивостью и жаромъ продолжали они работать надъ доставшимися имъ произведеніями греческаго духа. Какъ характерную черту передаютъ, что халифъ Аль-Мамумъ (род. въ 786 г) поставилъ побѣжденному греческому императору Михаилу II, какъ условіе мира, выдачу всѣхъ греческихъ рукописей, находившихся въ его распоряженіи. Между этими рукописями было не разъ уже названное нами произведеніе Птоломея, которое называлось тогда Megale Syntaxis; позднѣе его часто называли Magna Constructio, а благодаря заботамъ этого халифа, оно сохранилось въ арабскомъ текстѣ подъ арабскимъ именемъ Альмагеста.

Арабы перенесли перешедшую къ нимъ греческую цивилизацію въ

покоренныя ими страны, особенно въ Испанію, гдѣ при дворѣ въ Толедо скоро сами благородные короли сдѣлались горячими почитателями астрономической науки. Здѣсь интересовался ею также несчастный Альфонсъ X Кастильскій (1223—84), по повелѣнію котораго были вычислены съ громадными затратами таблицы планетныхъ движеній, названныя по его имени Альфонсовыми таблицами. Въ основаніи ихъ лежала система Птоломея. По нимъ можно было заранѣе опредѣлять мѣста всѣхъ небесныхъ свѣтилъ для любого момента времени.

Между тѣмъ небесная машина подъ руками астрономовъ, весьма ревностно производившихъ наблюденія и вычисленія, необычайно усложнилась, вслѣдствіе прибавленія все новыхъ эпициклическихъ круговъ, которыми стремились сгладить вновь открытыя неравенства въ движеніяхъ свѣтилъ. Когда ученые астрономы, передавая королю Альфонсу таблицы, объяснили ему ихъ механизмъ, то онъ съ понятнымъ неудовольствіемъ произнесъ роковыя для него слова: „Если бы Богъ при созданіи міра спросилъ меня, я бы посовѣтовалъ ему бо́льшую простоту“. Этимъ необдуманнымъ выраженіемъ воспользовались враги „мудраго“ короля, которые обвинили его въ богохульствѣ, и подняли противъ него возстаніе. Такимъ образомъ этотъ первый царственный скептикъ, усумнившійся въ птоломеевой системѣ міра, въ награду за справедливую критику, долженъ былъ лишиться родительскаго престола. Онъ умеръ, оставленный всѣми своими приверженцами, въ изгнаніи въ Севильѣ.

Говоря въ дальнѣйшемъ изложеніи объ идеяхъ Коперника, а затѣмъ объ идеяхъ Кеплера, мы не можемъ однако ставить ихъ на болѣе высокую ступень, чѣмъ ученіе Птоломея. Эти системы міра имѣли за себя только бо́льшую вѣроятность. Названные мыслители также могли идти по избранному ими пути только ощупью, не имѣя полнаго убѣжденія, что этотъ путь дѣйствительно непремѣнно приведетъ ихъ къ истинѣ.

Возвратимся еще къ Птоломею и въ слѣдующей небольшой табличкѣ приведемъ числа, которыя далъ этотъ александрійскій ученый для планетныхъ движеній по эпицикламъ и для движеній самихъ эпицикловъ по деферентамъ:

Планеты	Суточное движеніе по эпицикламъ	Суточное движеніе центра эпицикла по деференту	Сумма
Солнце	0° 0′ 0″,0	0° 59′ 8″,3	0° 59′ 8″,3
Меркурій	3 6 21,4	0 59 8,3	4 5 32,4
Венера	0 36 59,4	0 59 8,3	1 36 7,7
Марсъ	0 27 41,7	0 31 26,6	0 59 8,3
Юпитеръ	0 54 9,0	0 4 58,3	0 59 8,3
Сатурнъ	0 57 7,7	0 2 0,6	0 59 8,3

Въ этой таблицѣ бросается въ глаза тотъ поразительный фактъ, что движеніе центра эпицикла у Меркурія и Венеры совершается какъ разъ съ такой же скоростью, какъ движеніе солнца вокругъ земли. Затѣмъ наблюдается предѣлъ, начиная съ котораго числа различаются, но суммы обоихъ движеній, т. е. движенія эпицикла и движенія деферента, даютъ какъ разъ ту же самую величину движенія солнца. Слѣдовательно, движеніе солнца заключается во всѣхъ планетныхъ движеніяхъ. Конечно, такое соотвѣтствіе должно было казаться чрезвычайно страннымъ. Самъ собою возникаетъ вопросъ, не лежитъ ли какая нибудь общая причина въ

основаніи этихъ шести совершенно одинаковыхъ числовыхъ величинъ, которыми выражаются движенія названныхъ свѣтилъ.

Нѣтъ сомнѣнія, что въ теченіе $1^1/_2$ тысячелѣтій, протекшихъ между Птоломеемъ и Коперникомъ, многіе мыслители, вѣроятно, ставили такой вопросъ, хотя исторія и не говоритъ намъ объ этомъ ничего. Если же неизвѣстные мыслители не оставили намъ письменныхъ свидѣтельствъ о подобныхъ идеяхъ, то объясняется это, вѣроятно, только страхомъ, какой они сами должны были испытывать передъ ужасной перспективой единственнаго возможнаго объясненія, т. е. передъ мыслью, что земля, съ ея обширными материками и морями, съ милліонами милліоновъ живыхъ существъ, это прочное основаніе жизни, земля, составлявшая до тѣхъ поръ неоспоримый центръ всего мірозданія, со всѣмъ стройно организованнымъ сложнымъ порядкомъ явленій, свободно движется въ пространствѣ. Стоило только такой идеѣ возникнуть, хотя бы на моментъ, въ умѣ, не одаренномъ особенно большою силой убѣжденія, чтобы тотчасъ же быть отброшеной имъ, какъ безуміе. Во всякомъ случаѣ можно было въ концѣ концовъ придумать такой передаточный механизмъ, который прямо связывалъ бы движеніе солнца съ эпициклами планетъ.

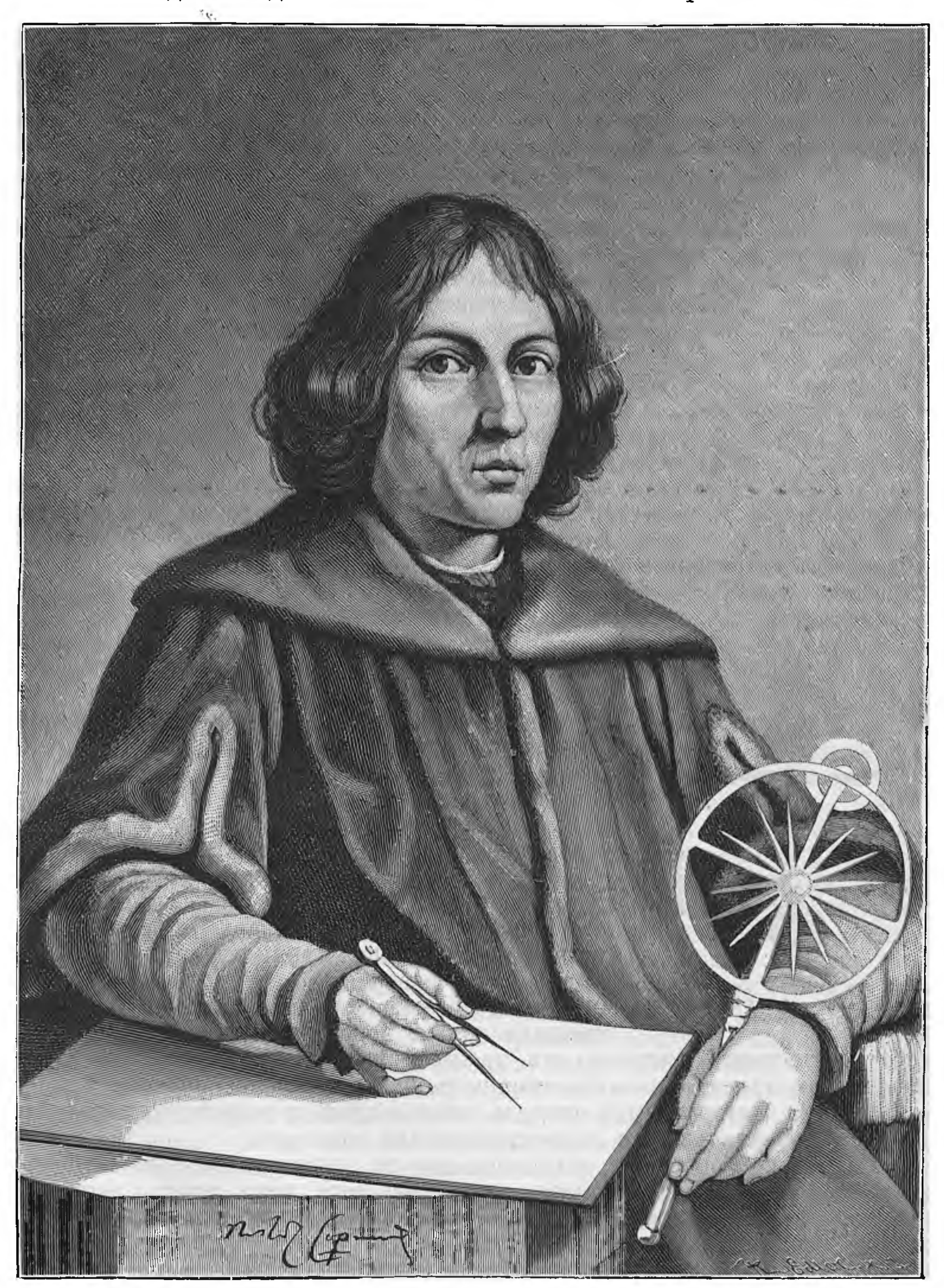
Тѣмъ болѣе приходится изумляться смѣлости ума и твердости убѣжденія Коперника, который дерзнулъ утверждать эту невѣроятную мысль и съ непоколебимой энергіей разработалъ ее строго научно. Въ этомъ-то именно и состоитъ безсмертная заслуга, которая обезпечиваетъ вѣчные лавры фрауенбургскому канонику. Самая же идея высказывалась и до него.

Нельзя забывать, что два греческихъ мыслителя еще за нѣсколько столѣтій до Птоломея имѣли твердое убѣжденіе въ центральномъ положеніи солнца и высказали его; эти мыслители — Платонъ и Аристархъ. О взглядѣ Платона Плутархъ пишетъ, что „онъ не помѣщалъ земли въ срединѣ всего, но предоставилъ это мѣсто лучшему свѣтилу". А объ Аристархѣ Архимедъ сообщаетъ буквально слѣдующее: „По его мнѣнію, міръ гораздо больше, чѣмъ говорилось раньше. Онъ предполагаетъ, что звѣзды и солнце неподвижны, что земля движется вокругъ солнца, какъ вокругъ центра, и что сфера неподвижныхъ звѣздъ, центръ которой тоже лежитъ въ солнцѣ, такъ велика, что окружность круга, описываемаго землей, относится къ разстоянію неподвижныхъ звѣздъ, какъ центръ шара къ его поверхности". Это послѣднее сравненіе несомнѣнно показываетъ, что Аристархъ считалъ разстояніе неподвижныхъ звѣздъ сравнительно съ разстояніемъ солнца безконечно большимъ. Его міровоззрѣніе, слѣдовательно соотвѣтствовало въ существенныхъ частяхъ нашему. Но для этой идеи не наступила еще пора, такъ какъ она шла впереди развитія своего времени: она не находила въ прошломъ поддержки для себя и потому должна была обязательно погибнуть.

Характерно то, что Аристархъ за свое революціонное ученіе былъ обвиненъ въ богохульствѣ, подобно тому, какъ въ послѣдствіи были обвиняемы горячіе борцы за ученіе Коперника, главнымъ образомъ, Галилей. Плутархъ въ одномъ изъ своихъ діалоговъ говоритъ: „Не возбуждай только противъ насъ процесса за невѣріе, дорогой мой, какъ нѣкогда Клеантъ, который полагалъ, что вся Греція должна предать суду Аристарха самосскаго, какъ святотатца, низвергшаго священный очагъ міра, за то, что этотъ человѣкъ, желая согласовать небесныя явленія, остановилъ небо, и наоборотъ заставилъ землю катиться по наклонному кругу и въ то же время вращаться вокругъ собственной оси".

Однако, какъ мы уже сказали, только въ умѣ Коперника убѣжденіе въ движеніи земли вокругъ солнца было настолько твердо, что онъ могъ послѣдовательно проводить и защищать его. Это ученіе уничтожило сразу-же бо́льшую часть эпицикловъ. Если представить себѣ, что земля съ

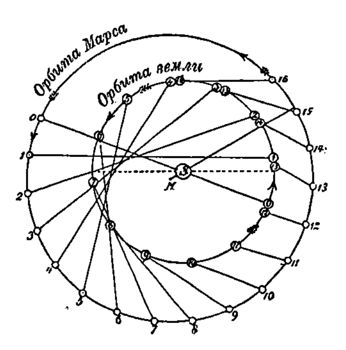
остальными планетами вращается вокругъ солнца, какъ вокругъ центра, то всѣ наблюденныя движенія объяснятся такъ же хорошо, какъ и въ си-



Николай Коперникъ, род. 19 февраля 1473 г. въ Торнѣ, умеръ 24 мая 1543 г. въ Фрауенбургѣ. Съ современнаго портрета.

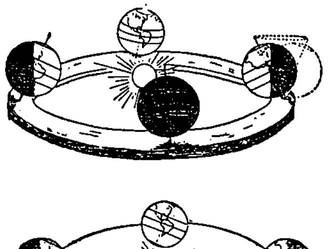
стемѣ Птоломея, и странная связь эпициклическаго движенія планетъ съ движеніемъ солнца сведется къ общей причинѣ, именно къ нашему соб-

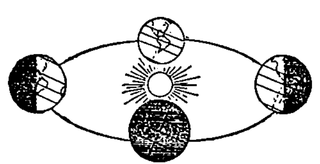
ственному движенію въ пространствѣ. Дѣйствительно, при этомъ новомъ предположеніи наблюденныя петли образуются почти вполнѣ такъ же, какъ при Птоломеевой системѣ, какъ это можно видѣть на прилагаемомъ рисункѣ. Здѣсь круговыя орбиты земли и Марса изображены согласно тѣмъ размѣрамъ, какіе далъ для нихъ Коперникъ. На обоихъ кругахъ указаны мѣста земли и Марса, при чемъ одинаковыми числами отъ 0—16 обозначены и соотвѣтственныя положенія обѣихъ планетъ. Эти мѣста соединены между собою прямыми линіями. Если нанести около нѣкоторой неподвижной точки эти линіи, сохранивъ то же направленіе и ту же длину ихъ, какія онѣ имѣютъ на рисункѣ и соединить между собою ихъ конечныя точки, то мы получимъ ту же петлеобразную линію, какая на стр. 562 изображаетъ путь Марса по Птоломею. Большое упрощеніе внесено было также ученіемъ о **вращеніи земли вокругъ оси**: при немъ опять таки одной единственной причиной объяснялось суточное обращеніе громадной сферы неподвижныхъ звѣздъ, которое увлекаетъ съ собою всѣ планеты посредствомъ неизвѣстнаго передаточнаго механизма. По размѣрамъ земля должна быть во всякомъ случаѣ меньше сферы неподвижныхъ звѣздъ; въ этомъ не выражалось сомнѣній ни въ одномъ міровоззрѣніи, допускавшемъ шарообразность земли. Поэтому a priori было болѣе вѣроятно, что земля, а не небо неподвижныхъ звѣздъ со всѣми планетами, обращается разъ въ сутки вокругъ оси.



Движеніе Марса и земли, по Копернику.

Однако, отъ остальныхъ положеній птоломеевой системы самъ Коперникъ не могъ отказаться. Онъ не зналъ еще собственной причины всѣхъ этихъ движеній, поэтому ему не оставалось ничего другого, какъ допустить твердый механизмъ на подобіе часового, который могъ дѣйствовать только при помощи совершенныхъ круговъ. Поэтому Аристотелеву аксіому о равномѣрномъ движеніи по кругу онъ не рѣшился разрушить, не смотря на большую смѣлость остальныхъ своихъ идей. Онъ удержалъ деференты, эксцентрическіе круги Гиппарха и даже присоединилъ къ нимъ новые эпициклы, которые впрочемъ имѣли совершенно иное значеніе, чѣмъ эпициклы Птоломея. Тогда какъ послѣдніе представляли только перспективное изображеніе нашего собственнаго движенія въ пространствѣ, малые эпициклы Коперника имѣли цѣлью объяснить вторичную остающуюся еще неравномѣрность въ движеніи, которая была открыта наблюденіями и теоретически не могла быть истолкована одними эксцентрическими кругами.





Движеніе земной оси, по Копернику; ея дѣйствительное положеніе.

Насколько Коперникъ находился еще во власти стараго ученія о вращающихся кругахъ или сферахъ, видно изъ того, какъ трудно ему было представить постоянное положеніе земной оси въ пространствѣ. Пока полагали, что земля неподвижно остается въ центрѣ вселенной постоянное положеніе ея оси относительно неподвижныхъ звѣздъ не могло казаться страннымъ даже при условіи вращательнаго движенія земли. Иначе обстояло дѣло, какъ только приняли, что земля вращается вокругъ солнца. Представимъ себѣ земную орбиту въ видѣ какой нибудь матеріальной основы, напр., въ видѣ твердаго колеса; со временъ Птоломея до Коперника

нѣчто подобное предполагалось на самомъ дѣлѣ. Укрѣпимъ на этой основѣ земной глобусъ съ осью такимъ образомъ, чтобы ось имѣла нѣкоторый наклонъ къ плоскости колеса, напр. была наклонена къ центру (см. нижній рисунокъ на стр. 568). Когда колесо съ укрѣпленнымъ на немъ глобусомъ сдѣлаетъ полъ оборота, то глобусъ останется наклоненнымъ внутрь къ центру. То же самое, согласно взгляду Коперника, должно происходить и съ землей, если въ это явленіе не вмѣшивается еще особая причина.

Но смѣна временъ года несомнѣнно показываетъ, что на самомъ дѣлѣ отношенія совершенно иныя. Возвращаясь къ нашему примѣру, надо представить, что если при опредѣленномъ положеніи глобуса верхній конецъ оси наклоненъ внутрь, то для сохраненія соотвѣтствія съ дѣйствительностью надо допустить, что во вторую половину оборота ось должна быть наклонена кнаружи, и положеніе ея должно постоянно оставаться параллельнымъ себѣ. Въ описанномъ нами механизмѣ мы можемъ получить это только при томъ условіи, если положимъ, что земная ось укрѣплена на колесѣ лишь настолько, что удерживаетъ глобусъ, но сама можетъ двигаться свободно. Въ такомъ случаѣ мы должны еще ввести таинственную силу, которая, независимо отъ колеса, удерживала бы ось въ разъ принятомъ направленіи. Соотвѣтственно этому Коперникъ былъ вынужденъ, кромѣ движенія земли вокругъ оси и вокругъ солнца, ввести еще третье, именно, годичное движеніе самой земной оси по поверхности конуса, вершинный уголъ котораго равенъ двойному углу наклоненія эклиптики. Причина этихъ трехъ движеній оставалась для Коперника, конечно, неизвѣстной, такъ какъ о ней до того времени вообще не поднималось вопроса.

Итакъ, мы видимъ, что система Коперника всетаки оставалась еще очень сложной и не вполнѣ отчетливой, и что великій астрономъ, не смотря на революціонныя идеи, которыя ввелъ, удержалъ еще много заблужденій изъ стараго ученія. Его умъ былъ полонъ той грандіозной идеи, что земля не есть нѣчто движущее, царящее, а наоборотъ нѣчто одаренное движеніемъ, подчиненное болѣе значительному центру силъ, и его мысли, какъ заколдованныя, остановились на этомъ. Во всякомъ случаѣ трудъ Коперника открылъ для человѣческаго изслѣдованія безгранично большую область, и этого для одной человѣческой жизни было вполнѣ достаточно. До тѣхъ поръ была только одна земля, теперь же къ ней присоединилось пять новыхъ, родственныхъ ей свѣтилъ, пять планетъ, а надъ всѣми ими поставлено всемогущее солнце, передъ которымъ на небесномъ сводѣ разсѣяны тысячи подобныхъ же солнцъ. Прежде представлялось, что все это находится въ сравнимыхъ отношеніяхъ къ величинѣ земли; послѣдняя же казалась едва доступной воображенію. Теперь міроздaніе расширилось настолько, что земля со всѣмъ, что на ней живетъ и мыслитъ, уменьшилась въ представленіи человѣка до величины мяча, даже точки; ея грандіозное движеніе въ пространствѣ вокругъ солнца, направляемое невидимыми силами, представилось теперь движеніемъ волчка, описывающаго съ жужжаніемъ на своей опорѣ легкія дуговыя линіи. Дальнѣйшее развитіе изслѣдованія должно было остановиться по крайней мѣрѣ на короткое время, чтобы наиболѣе сильные умы могли достаточно освоиться съ этимъ грандіознымъ міровоззрѣніемъ.

Однако не прошло и столѣтія, какъ другой выдающійся геній, Кеплеръ (см. рис. стр. 9) восприняль это новое ученіе и, въ своемъ живомъ творческомъ духѣ, вновь переработалъ его до основанія. Согласно обычному ходу историческаго развитія вполнѣ могло бы случиться, что между Коперникомъ и Кеплеромъ пройдетъ не меньшій періодъ времени, чѣмъ между Птоломеемъ и Коперникомъ. Поэтому мы можемъ считать себя безконечно счастливыми, что принадлежимъ къ потомкамъ этихъ героевъ духа. Они открыли передъ нашими духовными взорами широкіе го-

ризонты громаднаго міра Млечныхъ Путей, состоящихъ изъ солнцъ, тогда какъ прежде узкій и тѣсный кругозоръ, открывавшійся предъ глазами человѣка, едва выходилъ за предѣлы той глыбы земли, которая носитъ насъ,— песчинки, теряющейся въ массѣ міровъ. Хотя Коперникъ и открылъ намъ путь къ этому широкому міровоззрѣнію, но онъ самъ еще былъ слишкомъ стѣсненъ мелочнымъ и сложнымъ механизмомъ унаслѣдованныхъ отъ Птоломея эпицикловъ. Ясный, прозорливый умъ Кеплера не могъ удовлетвориться этими запутанными колесами; онъ слишкомъ былъ проникнутъ убѣжденіемъ въ великомъ единствѣ мірозданія, въ необходимости первоначальнаго общаго принципа всѣхъ явленій, чтобы могъ вѣрить въ существованіе многихъ отдѣльныхъ причинъ, которыя надо было искать для новыхъ эпицикловъ Коперника.

Солнце, вокругъ котораго, по убѣжденію Кеплера, обращаются всѣ планеты, и въ которомъ, слѣдовательно, обитаетъ основная сила, управляющая при помощи невидимой связи нашей землей съ ея маленькимъ человѣческимъ населеніемъ, это солнце было для него душою міра. Его неземная сила и вызываетъ всѣ эти величественныя движенія по неизвѣстнымъ еще, но, по глубокому убѣжденію Кеплера, доступнымъ изслѣдованію простымъ законамъ. Давно уже казалось невѣроятнымъ, чтобы планеты были соединены другъ съ другомъ и съ солнцемъ какимъ нибудь матеріальнымъ механизмомъ, слѣды котораго, конечно, удалось бы гдѣ нибудь замѣтить. Движущая сила, какъ сила души, должна невидимо перетекать отъ одного тѣла къ другому. Эта движущая сила міра не можетъ обитать въ какомъ нибудь иномъ мѣстѣ, кромѣ солнца, которое царитъ въ центрѣ міра въ божественномъ величіи и въ неисчерпаемомъ богатствѣ своего свѣта, все оживляющаго, все наполняющаго счастіемъ.

Но единая сила должна, какъ того требуетъ логическая необходимость, проявляться въ однихъ и тѣхъ же законахъ. Отысканіе этихъ законовъ Кеплеръ поставилъ задачею своей жизни; счастье благопріятствовало ему, и онъ вполнѣ рѣшилъ поставленную задачу. Кеплеръ нашелъ три основныхъ закона, по которымъ совершаются всѣ движенія въ неизмѣримыхъ небесныхъ пространствахъ до крайнихъ предѣловъ, доступныхъ нашимъ сильнымъ телескопамъ. Руководимый чисто творческимъ даромъ угадыванія, Кеплеръ, при отысканіи всѣхъ трехъ законовъ, долженъ былъ, однако, произвести кропотливые математическіе разсчеты. Доказать, что эти законы, съ которыми мы скоро познакомимся, находятся въ необходимой взаимной связи, онъ не могъ. До появленія Ньютона, система Кеплера логически имѣла не больше преимущества передъ системой Коперника, чѣмъ послѣдняя передъ системой Птоломея. Значительно упростивъ механизмъ, она объясняла наблюденія нѣсколько лучше, чѣмъ это удавалось предшественнику Кеплера. Кеплеръ изобрѣталъ свою систему для той же цѣли, какъ Коперникъ и Птоломей; онъ хотѣлъ по возможности привести въ согласіе наблюденія съ опредѣленной, произвольно выбранной гипотезой относительно устройства солнечной системы. Счастливымъ результатомъ этихъ исканій было то, что онъ нашелъ одну за другой три дополняющихъ другъ друга основныхъ гипотезы или закона, которые, какъ позднѣе доказано было Ньютономъ, представляютъ единственно мыслимыя и логически необходимыя слѣдствія одного единственнаго еще болѣе простого и болѣе объемлющаго закона. Итакъ, Кеплера можно считать счастливѣйшимъ изъ изслѣдователей, которымъ удавалось дѣлать открытія.

Тотъ процессъ, какимъ Кеплеръ пришелъ къ своимъ открытіямъ, составляетъ одну изъ интереснѣйшихъ главъ исторіи развитія человѣческаго духа. Одаренный горячимъ воображеніемъ и яснымъ умомъ, проникнутый убѣжденіемъ въ существованіи единой, все направляющей міровой души, Кеплеръ сначала съ одушевленіемъ обращается къ прежней прекрасной

идеѣ о гармоніи сферъ, и въ первомъ произведеніи „Mysterium cosmographicum“, продолжаетъ разработку идеалистическихъ взглядовъ Платона. Затѣмъ сразу, какъ бы осѣненный свыше, онъ избираетъ совершенно новое направленіе, идя по которому, онъ самъ впослѣдствіи разрушилъ утомительную работу долгихъ лѣтъ, вложенную въ первый трудъ. Необыкновенно трогательно видѣть, какъ Кеплеръ въ концѣ концовъ, послѣ того, какъ онъ внесъ окончательный порядокъ въ міровую систему, рѣшился выпустить вторымъ изданіемъ свой первый трудъ. Здѣсь мы видимъ примѣръ, что подобныя заблужденія послѣдовательно мыслящаго ума всегда содержатъ въ себѣ зародышъ истины. Въ данномъ случаѣ заблужденіе исходило все изъ одного и того же корня, изъ непоколебимаго убѣжденія Кеплера въ единствѣ міроваго порядка.

Къ сожалѣнію, мы не можемъ долго останавливаться на этихъ историческихъ данныхъ, такъ какъ должны нѣсколько ближе разсмотрѣть доказательства справедливости этихъ идей. Упомянемъ только, что Кеплеръ въ „Mysterium cosmographicum“ пытался доказать, что въ пяти промежуткахъ между шестью планетными сферами можно вдвинуть пять правильныхъ геометрическихъ тѣлъ такимъ образомъ, что каждое изъ нихъ заключено въ бо́льшую сферу, въ которую оно опирается своими углами, а внутренней стороной своихъ плоскостей касается меньшей, т. е. болѣе близкой къ солнцу планетной сферы. Благодаря простой случайности, Кеплеру удалось получить при этомъ приблизительное согласіе съ фактами, такъ какъ онъ пользовался неточными данными того времени относительно планетныхъ разстояній. Этого указанія достаточно, чтобы видѣть, насколько Кеплеръ въ свое время находился еще во власти пифагорейскихъ взглядовъ на сферы и на гармоническія числовыя отношенія.

Идея Коперника, упростившая міровую систему, внесла въ геометрическое изображеніе движеній новое затрудненіе. Теперь оказалось, что мы разсматриваемъ всѣ движенія съ такой точки, которая движется сама, тогда какъ прежде все относилось къ неподвижному центру земли. Первой и необходимѣйшей задачей для великаго послѣдователя Коперника было найти точный геометрическій методъ, благодаря которому можно было бы относить къ общему центру, солнцу, движенія, наблюдаемыя съ движущейся земли, и всегда можно было бы вычислить, въ какомъ направленіи будетъ видима съ солнца планета, положеніе которой относительно звѣздъ измѣрено съ земли для даннаго момента. На первый взглядъ человѣку, прикованному къ блуждающей землѣ, повидимому, весьма трудно, перекинуть громадный воображаемый мостъ съ земли на солнце черезъ бездонную пропасть. Однако, мы увидимъ, какъ необычайно просто разрѣшается эта задача въ дѣйствительности.

Для этой цѣли особенно удобно то положеніе планеты, которое мы называемъ противостояніемъ. Этотъ моментъ можно непосредственно наблюдать съ земли съ полной точностью. Опредѣленіе противостоянія, какъ извѣстно, таково: эклиптическая долгота солнца и данной планеты въ этотъ моментъ должны разниться какъ разъ на 180 градусовъ или на половину окружности круга. Тогда три свѣтила, солнце, земля и планета, находятся на прямой линіи, если не принимать во вниманіе незначительнаго наклоненія планетной орбиты къ видимой орбитѣ солнца. Это значитъ, что планета, при наблюденіи ея съ солнца, должна стоять какъ разъ въ томъ направленіи, въ какомъ мы ее видимъ съ земли, такъ какъ оба направленія лежатъ на одной прямой линіи. Въ этомъ частномъ случаѣ мы легко можемъ мысленно перенестись на солнце, и съ совершенной точностью, безъ всякихъ гипотезъ относительно истиннаго устройства солнечной системы (это слѣдуетъ замѣтить), опредѣлить на какомъ угловомъ разстояніи отъ точки весенняго равноденствія находится въ этотъ моментъ

планета, если смотрѣть на нее съ солнца. Этотъ уголъ называется геліоцентрической долготой планеты, въ противоположность геоцентрической долготѣ, наблюдаемой изъ центра земли; послѣдняя совпадаетъ съ первой только во время противостоянія.

Отмѣтивъ время и долготу для одного изъ противостояній, дадимъ планетѣ описать ея петлеобразный путь по небу, пока она не прійдетъ во второе противостояніе. Не трудно найти, что при второмъ противостояніи планета будетъ находиться въ другомъ направленіи, чѣмъ при первомъ противостоянія. Опять отмѣтимъ точно это время и долготу планеты. Точно также поступимъ при слѣдующемъ противостояніи и такъ далѣе, пока долгота планеты при противостояніи приблизительно не сдѣлается такой же, какъ при первомъ наблюденномъ нами противостояніи, или, другими словами, пока мѣсто противостоянія не опишетъ по небу приблизительно полнаго круга. Ниже мы даемъ результаты прямыхъ наблюденій, которые получены такимъ образомъ для планеты Марсъ. Противостоянія Марса происходили въ указанные дни, при чемъ планета находилась въ указанныхъ направленіяхъ:

Время противостоянія			t	Промежутокъ въ дняхъ	l	Промежутокъ
Годъ	Мѣсяцъ	Время				
1875	Іюнь	19,87	170,87		268° 57′	
1877	Сентябрь	5,50	248,50	808.63	363 47	434° 90′
1879	Ноябрь	12,35	316,35	797,85	50 11	426 64
1881	Декабрь	26,73	360,73	775,38	95 67	405 56
1884	Январь	31,99	31,99	766,26	132 09	396 42
1886	Мартъ	6,03	65,03	764,04	165 90	393 91
1888	Апрѣль	10,77	101,77	767,74	201 79	395 89
1890	Май	20,30	147,30	775.53	246 40	404 61
1892	Августъ	3,77	216,77	800,47	312 25	425 85

Въ первыхъ трехъ столбцахъ этой таблицы дано время противостоянія съ точностью до сотой части дня, отнесенное къ гринвичскому меридіану; въ слѣдующемъ столбцѣ, обозначенномъ t, то же самое время дано еще разъ отъ начала соотвѣтственнаго года, выраженное въ суткахъ. Слѣдующій столбецъ заключаетъ промежутки между двумя противостояніями, выраженные въ суткахъ, т. е. синодическія времена обращенія планеты, которыя, какъ мы видимъ, не равны между собою. Затѣмъ подъ l слѣдуютъ соотвѣтственныя геоцентрическія и въ тоже время геліоцентрическія долготы, и наконецъ въ послѣднемъ столбцѣ указано число градусовъ, какое прошла планета на небѣ между двумя послѣдовательными противостояніями: оно равно разности двухъ сосѣднихъ долготъ, $l + 360^0$, такъ какъ планета, при разсматриваніи съ земли (конечно, то же самое должно казаться съ солнца), пройдетъ сначала полный кругъ, а затѣмъ еще часть его, лежащую между мѣстами двухъ противостояній.

Разсматривая эти сравнительно немногія данныя, мы уже можемъ сдѣлать въ высшей степени интересные выводы относительно движенія планеты, какимъ оно должно представляться съ солнца. Прежде всего въ порядкѣ слѣдованія величинъ для долготы мы не замѣчаемъ никакихъ признаковъ возвратнаго движенія, какое обнаруживается въ формѣ петель, когда мы слѣдимъ за движеніемъ планетъ съ земли. Правда, найденныя геліоцентрическія долготы, каждая въ отдѣльности, выведены изъ полнаго обращенія планеты по небесному своду солнца, и мы не можемъ сказать напередъ, не даетъ ли въ остальной своей части видимый путь планеты вокругъ солнца (мы называемъ путь видимымъ, пока еще окончательно не доказано

движеніе земли вокругъ солнца) совершенно такой же петли, какая наблюдается съ земли. Однако, мы легко можемъ убѣдиться, что всякій любой рядъ точекъ, взятыхъ изъ линіи орбиты приблизительно черезъ равные промежутки, будучи соединенъ линіей, дастъ намъ форму соотвѣтственной орбиты. Такъ напр., если мы будемъ измѣрять геоцентрическую долготу Марса одинъ разъ въ годъ, но не только во время противостоянія, и наносить точки на небесный глобусъ, то, повторяя эту операцію въ теченіе длиннаго ряда лѣтъ, мы найдемъ, что полученный при этомъ рядъ точекъ въ концѣ концовъ можетъ быть соединенъ въ петлеобразную кривую. Приведенныя же здѣсь долготы не содержатъ и слѣда петель; правда, онѣ распредѣлены по кругу съ слишкомъ большими промежутками, и потому не могутъ дать окончательнаго доказательства отсутствія возвратныхъ точекъ. Но какъ бы долго мы ни слѣдили за противостояніями, мы никогда не найдемъ въ какомъ либо мѣстѣ круга значительнаго скопленія линій, показывающихъ направленіе противостояній, а этого надо было бы ждать въ точкахъ, гдѣ планета останавливается особенно долго вслѣдствіе перехода отъ прямого движенія къ возвратному. Итакъ, уже ближайшее разсмотрѣніе мѣстъ противостояній доказываетъ намъ, что планета Марсъ (для всѣхъ остальныхъ мы нашли бы то же самое), если смотрѣть на нее съ солнца, имѣетъ только прямое движеніе, т. е. не образуетъ петель.

Весьма замѣчательно, что этотъ выводъ можно было получить безъ какой либо гипотезы относительно истинной формы солнечной системы. Даже Птоломей могъ бы сдѣлать его, если бы въ его распоряженіи находилось достаточное количество наблюденій. Тогда онъ тотчасъ же узналъ бы, что движенія планетъ съ солнца кажутся значительно проще и можетъ быть самъ дошелъ бы до ученія Коперника. Но для него, какъ и для Коперника, это было невозможно, потому что имъ обоимъ не хватало наблюденій, которыми располагалъ Кеплеръ, особенно благодаря наслѣдству, завѣщанному великимъ датскимъ астрономомъ Тихо Браге, а также благодаря трудамъ всѣхъ остальныхъ астрономовъ, занимавшихся со времени Птоломея точными наблюденіями видимыхъ движеній, съ цѣлью выяснить истинныя движенія свѣтилъ.

Изъ приведенныхъ наблюденій надъ противостояніями мы можемъ сдѣлать еще дальнѣйшія заключенія объ особенностяхъ этого геліоцентрическаго движенія. Сначала попробуемъ опредѣлить истинное время обращенія планеты вокругъ солнца.

Наша таблица на стр. 572 показываетъ, что Марсъ между 19 іюня 1875 г. и 27 мая 1890 г. долженъ былъ совершить почти восемь оборотовъ, какъ видно изъ простого отчета градусныхъ промежутковъ. До восьми полныхъ оборотовъ не достаетъ еще $268{,}57 - 246{,}40^0 = 22{,}17^0$. Сдѣлаемъ допущеніе, вѣроятно, не вполнѣ справедливое, но, по предыдущимъ разсужденіямъ, не слишкомъ далекое отъ истины, именно, что движеніе Марса вокругъ солнца совершается съ равномѣрною скоростью. Тогда мы найдемъ, что до восьми полныхъ оборотовъ планеты въ данный моментъ не достаетъ 22,17:360, или 0,0616 частей цѣлаго оборота. Время отъ перваго до второго изъ описанныхъ противостояній равно 5455,43 днямъ. Въ теченіе этого времени, по нашему разсчету, совершилось $8 - 0{,}0616 = 7{,}9384$ оборотовъ. Раздѣливъ одно число на другое, мы получимъ 687,21 день для сидерическаго времени обращенія планеты вокругъ солнца. Это число по всей вѣроятности только приблизительно вѣрно, такъ какъ мы сдѣлали выше предположеніе, что скорость движенія остается постоянной. Мы можемъ, однако, пользоваться этимъ числомъ, чтобы ближе познакомиться съ особенностями этого движенія и затѣмъ исправить по нимъ сдѣланное нами вычисленіе. Такой постепенный пріемъ всегда примѣняется при рѣшеніи всѣхъ главнѣйшихъ астрономическихъ задачъ.

Съ этой цѣлью мы сложимъ найденное время обращенія сначала съ временемъ перваго противостоянія (1875), получимъ 170,87 + 687,21. Въ это время (какому моменту оно отвѣчаетъ въ дѣйствительности, намъ не зачѣмъ находить) Марсъ, слѣдовательно, если смотрѣть на него съ солнца, возвратится къ своему первоначальному направленію, т. е. его геліоцентрическая долгота будетъ равна 268,57°. Вычитая это время изъ времени слѣдующаго противостоянія (1877) 248,50°, мы узнаемъ, сколько прошло времени, пока планета изъ положенія 268,57°, перешла къ мѣсту слѣдующаго противостоянія, т. е. 343,47°. Эти промежутки времени можно получить еще проще, если изъ промежутка времени между двумя послѣдовательными противостояніями, называемаго „истиннымъ синодическимъ временемъ обращенія“, вычесть сидерическое время обращенія: 808,63—687,20 = 121,42 дня. Въ теченіе этого времени планета, если смотрѣть на нее съ солнца, пройдетъ отъ 268,57° до 343,47°, т. е. 74,90° Раздѣливъ второе число на первое, найдемъ, что она тогда проходила въ день 0,616°. Произведемъ такой же разсчетъ для промежутковъ между остальными противостояніями; тогда мы получимъ замѣчательный рядъ чиселъ, сопоставленный въ слѣдующей таблицѣ. Въ ней мы помѣщаемъ также среднія направленія, для которыхъ даны соотвѣтственныя скорости. Направленія эти найдены просто, именно взято среднее арифметическое между соотвѣтственными мѣстами двухъ противостояній.

Направленіе	Суточное движеніе	Направленіе	Суточное движеніе
306°	0,6169°	149°	0,4400°
17	0,6019	184	0,4458
73	0,5167	224	0,5050
129	0,4604	279	0,5814

Мы сдѣлали здѣсь важное открытіе, именно, что скорости геліоцентрическаго движенія Марса измѣнчивы, хотя и подчинены извѣстной правильности. Если бы мы могли прослѣдить дальнѣйшія противостоянія, то нашли бы, что для одинаковыхъ направленій всегда получаются однѣ и тѣ же скорости. Слѣдовательно, съ движеніемъ Марса вокругъ солнца происходитъ то же самое, что съ видимымъ обращеніемъ солнца вокругъ земли. При послѣднемъ также не бываетъ образованія петель, но скорость, какъ уже нашелъ Гиппархъ, правильно измѣняется съ временами года. Наши числа показываютъ, что скорости Марса приблизительно въ положеніи 150° геліоцентрической долготы всего меньше, а въ обратномъ направленіи всего больше. Это направленіе совпадаетъ съ тѣмъ, въ какомъ надо помѣстить, по Птоломею, эксцентрицитетъ деферента, а по Копернику эксцентрицитетъ кругового пути Марса вокругъ солнца. Такимъ образомъ мы вывели прямо изъ наблюденій первое приближеніе а ф е л і я Марса или наибольшаго разстоянія его отъ солнца (почти 150°), а также перигелія или наибольшей близости къ солнцу (330°). Истинное положеніе этихъ точекъ болѣе точно таково: 153° и 333°,

Такъ какъ мы теперь ближе знаемъ истинное движеніе Марса въ опредѣленныхъ частяхъ его орбиты, то можемъ найти второе приближеніе сидерическаго времени его обращенія, сдѣлавъ съ помощью чиселъ нашей послѣдней таблицы интерполяцію, которая намъ даетъ суточную скорость движенія Марса въ части его пути, лежащей между 246,40° и 268,57° (см. выше). Мы найдемъ для этой скорости величину 0,5505°. Раздѣлимъ на это число 22,17°, которыхъ 27 мая 1890 г. недоставало до полныхъ восьми обращеній Марса, начиная съ 19 іюля 1875 г. Мы узнаемъ, что прошло 40,27 дней, пока Марсъ прошелъ въ этой части своей орбиты недостающую

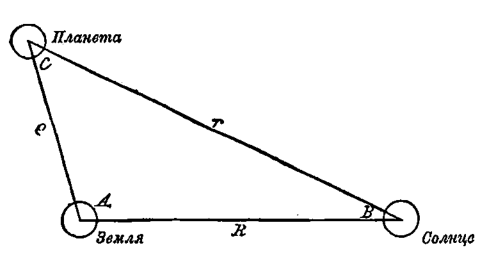
часть пути. Прибавимъ полученное число къ промежутку времени между двумя принятыми здѣсь въ разсчетъ противостояніями, т. е, къ 5455,43 днямъ, получимъ 5495,70. Раздѣливъ это число на 8, найдемъ, что сидерическое время обращенія Марса u = 686,96 дней. Этотъ выводъ нашего сравнительно простого разсчета близокъ къ истинѣ до 0,02 дня. Взявъ противостоянія, еще дальше лежащія другъ отъ друга, мы получили бы u = 686,980 дня.

Такіе же разсчеты, какіе мы сдѣлали здѣсь для Марса, мы можемъ произвести и для остальныхъ планетъ. Въ принципѣ мы получимъ всегда одинъ и тотъ же результатъ: планеты, при разсматриваніи съ солнца, въ своемъ движеніи не образуютъ петель, но показываютъ неравныя скорости, которыя въ опредѣленномъ, для каждой планеты различномъ, направленіи обнаруживаютъ максимумъ, въ противоположномъ же направленіи минимумъ.

Здѣсь мы даемъ звѣздныя или сидерическія времена обращенія планетъ вокругъ солнца:

Меркурій	= 87,969 днямъ	Юпитеръ .	= 4 332,585 днямъ
Венера	= 224,701	Сатурнъ	= 10 759,220
Земля	= 365,256	Уранъ .	= 30 686,51
Марсъ	= 686,980	Нептунъ	= 60 186,64

Такимъ образомъ мы сдѣлали одну половину нашей задачи, узнали движеніе небесныхъ свѣтилъ, какъ оно должно казаться съ солнца. Помощью выясненнаго пріема мы можемъ, по крайней мѣрѣ съ достаточнымъ приближеніемъ, указать направленія, въ какихъ находятся планеты на небесномъ сводѣ солнца въ любое время.



Измѣреніе угловъ между положеніемъ земли, солнца и планеты и измѣреніе разстояній между этими свѣтилами.

Но для того, чтобы узнать форму орбиты, мы должны еще опредѣлить **разстоянія** планетъ отъ солнца. Кеплеръ для этой цѣли руководился слѣдующимъ разсчетомъ. Пусть t время какого нибудь противостоянія планеты, u — сидерическое время ея обращенія, тогда для времени t + u, геліоцентрическая долгота l и разстояніе планеты отъ солнца r будутъ тѣ же, что и для времени t. Для послѣдняго долгота l непосредственно дается наблюденіемъ, такимъ образомъ она будетъ извѣстна также и для t + u. Но во время t + u земля не будетъ находиться уже на той же прямой линіи, какъ во время противостоянія. Слѣдовательно, три свѣтила, солнце, земля и планета образуютъ большой треугольникъ, углы котораго можно найти изъ наблюденія. Разсмотримъ прилагаемую фигуру. Уголъ A на землѣ легко опредѣлить наблюденіемъ. Чтобы найти его, мы визируемъ нашимъ угломѣрнымъ инструментомъ сначала солнце, отсчитываемъ направленіе по раздѣленному кругу, затѣмъ передвигаемъ инструментъ до тѣхъ поръ, пока не будемъ имѣть въ полѣ зрѣнія планету. Разность между обоими отчетами и есть искомый уголъ. Или, обозначая долготу солнца, т. е. его угловое разстояніе отъ точки весенняго равноденствія черезъ S, а разстояніе планеты въ то же время отъ той же точки черезъ L, мы получимъ A = L—S. Второй уголъ треугольника на солнцѣ B легко найти слѣдующимъ образомъ: если смотрѣть на землю съ солнца, то она, конечно, будетъ находиться какъ разъ въ направленіи, противоположномъ тому, въ какомъ стоитъ солнце по отношенію къ землѣ; т. е. ея долгота будетъ равна E = S + 180 градусамъ. Уголъ нашего же треугольника на солнцѣ равняется B = l — E, гдѣ l опять обозначаетъ геліоцентрическую

долготу планеты, которую мы, пользуясь изложеннымъ выше пріемомъ, можемъ дать для каждаго момента. Третій уголъ C, какъ извѣстно, всегда равенъ 180°—A—B. Зная углы треугольника, можно всегда вычислить двѣ его стороны, если извѣстна третья. Въ нашемъ большомъ треугольникѣ она неизвѣстна, но намъ, вѣдь, нужно опредѣлить только отношеніе сторонъ другъ къ другу, а его мы всегда можемъ найти, полагая, что одна сторона равна 1. Примемъ за единицу сначала разстояніе земли отъ солнца, т. е. R = 1. Тогда мы выразимъ разстояніе r планеты отъ солнца въ частяхъ R.

Теперь мы пойдемъ дальше и введемъ сидерическое время обращенія планеты. Во время $t + 2u$ опять r и l имѣютъ ту же величину, какъ раньше, только положеніе земли относительно солнца становится иное. Мы получимъ новый треугольникъ, въ которомъ опять можемъ опредѣлить всѣ углы, и который представляетъ то важное преимущество, что одна сторона r, выраженная ранѣе взятой единицей, намъ точно извѣстна. Поэтому мы можемъ на этотъ разъ R, разстояніе земли отъ солнца, вычислить такимъ же точно образомъ и выразить его въ прежней единицѣ мѣры. Этотъ пріемъ дастъ намъ точное заключеніе относительно измѣненія разстоянія земли отъ солнца за опредѣленный промежутокъ времени. Примѣняя далѣе тотъ же самый пріемъ и вычисляя соотвѣтственные треугольники для временъ $t + 3u$, $t + 4u$ и т. д., каждый разъ мы получимъ новое значеніе R; и всѣ эти значенія будутъ выражены въ одной и той же мѣрѣ. Мы можемъ нанести ихъ вокругъ одной точки, изображающей солнце; тогда, соединяя кривой конечныя точки этой линіи, мы получимъ точное изображеніе истинной формы земной орбиты. Выяснимъ это опять на конкретномъ примѣрѣ.

По выше данной таблицѣ противостояніе Марса происходило въ 1877 г. 5,50 сентября. Долгота планеты по таблицѣ была равна $l = 343{,}47^0$. Прибавивъ сидерическое время обращенія $u = 686{,}98$ днямъ къ данному моменту, мы находимъ $t + u$ = 1879 г. іюня 24,48. Въ это время долгота солнца $S = 121{,}60^0$, геоцентрическая долгота Марса $L = 30{,}71^0$, а геліоцентрическая долгота планеты, какъ мы знаемъ, была тогда такая же, какъ во время противостоянія, т. е. $l = 343{,}47^0$. Поэтому мы имѣемъ $A = L—S = 90{,}89^0$, $B = l—E = 41{,}87^0$, откуда $C = 47{,}24^0$. Предполагая теперь разстояніе солнца отъ насъ въ этотъ моментъ $R = 1$, мы получимъ по извѣстнымъ тригонометрическимъ отношеніямъ $r = \frac{\sin 90{,}89^0}{\sin 47{,}24_0} = 1{,}362$.

Слѣдовательно, Марсъ находился въ это время въ 1,362 раза дальше отъ солнца, чѣмъ земля. Это можно доказать съ математической точностью. Идемъ далѣе и опредѣлимъ время $t + 2u$ = 1881 г. іюня 10,46. Въ это время наблюдалось $s = 80{,}06^0$, а $L = 22{,}03^0$. На этотъ разъ также $l = 343{,}47^0$. Отсюда слѣдуетъ $A = 58{,}03^0$, $B = 83{,}41^0$ и $C = 38{,}56^0$. Теперь опредѣлимъ R для этого момента, такъ какъ изъ ранѣе опредѣленнаго треугольника мы уже знаемъ $r = 1{,}362$. Мы имѣемъ: $R = r\frac{\sin C}{\sin A} = 1{,}362\frac{\sin 38{,}56^0}{\sin 58{,}03^0} = 1{,}001$.

Итакъ, оказывается, что разстояніе земли отъ солнца 10 іюня 1881 г. было почти такое же, какъ 24 іюня 1879 года. Повторивъ тотъ же разсчетъ для двухъ слѣдующихъ сидерическихъ обращеній $t + 3u$ и $t + 4u$, найдемъ, что это разстояніе 28 апрѣля 1883 года равнялось всего 0,993 разстоянія 24 іюля 1879 г. и наконецъ это отношеніе 15 марта 1885 года уменьшилось до 0,980.

Примѣняя этотъ методъ вычисленія ко второму противостоянію, мы вторично получимъ рядъ разстояній земли отъ солнца, правда, выраженныхъ въ другой единицѣ r. Это второе противостояніе можно выбрать такъ, чтобы одно изъ разстояній (радіусовъ векторовъ) какъ разъ пришлось

на то же время, какъ одно изъ разстояній пѐрвой серіи. Тогда они должны быть близки по величинѣ, малая же разница будетъ находиться въ зависимости отъ времени и можетъ быть найдена интерполяціей. Прямой результатъ разсчета даетъ, однако, различныя числа для этихъ равныхъ радіусовъ, потому что они относятся къ различнымъ единицамъ, т. е. измѣряются различными мѣрами. Но такъ какъ мы знаемъ, что оба радіуса дѣйствительно равной длины, то можемъ прямо найти отношеніе между обѣими единицами мѣръ и всѣ величины, полученныя для второй серіи въ ея единицѣ мѣры, привести въ соотвѣтствіе съ величинами первой серіи. Такъ мы можемъ поступить и со слѣдующими серіями, пока наконецъ не будемъ имѣть достаточно большое число радіусовъ земной орбиты, распредѣленныхъ по всей окружности. Они и послужатъ намъ основаніемъ для дальнѣйшаго изученія точной формы этой орбиты.

Слѣдующая таблица есть результатъ такого послѣдовательнаго разсчета. Въ первомъ столбцѣ даны геліоцентрическія положенія, къ которымъ относятся соотвѣтственные радіусы; во второмъ приведены самые радіусы; въ третьемъ ряду поставлены среднія суточныя скорости движеній, полученныя изъ прямыхъ наблюденій съ земли,

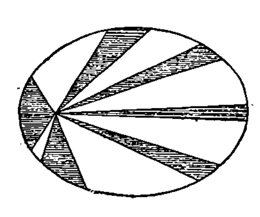
E	R	v	E	R	v
10^0	1,000	$0{,}986^0$	190^0	1,000	$0{,}986^0$
40	$0{,}99^1$	1,003	220	1,008	0,976
70	0,986	1,015	250	1,014	0,957
100	0,983	1,020	280	1,017	0,953
130	0,985	1,015	310	1,015	0,957
160	0,991	1,002	340	1,008	0,969

Изъ этихъ чиселъ мы можемъ опредѣлить направленіе перигелія земли. Самое меньшее значеніе R лежитъ почти на 100^0 геліоцентрической долготы земли, гдѣ земля находится приблизительно 1 января. Если соединить кривой линіей всѣ точки земной орбиты, которыя можно найти этимъ методомъ, или подвергнуть математическому анализу данныя числа, то оказывается что эти измѣняющіяся разстоянія ни подъ какимъ условіемъ не могутъ удовлетворять эксцентрическому кругу, но соотвѣтствуютъ эллипсу, въ одномъ изъ фокусовъ котораго, а не въ центрѣ, находится солнце.

Зная истинную форму земной орбиты, мы можемъ вычислить въ опредѣленной единицѣ радіусъ векторъ R положенія земли для каждаго любого момента времени. Такъ мы всегда легко найдемъ одну сторону треугольника, образованнаго солнцемъ, землею или какою нибудь другою планетой, и можемъ для извѣстнаго времени, для котораго мы по вышеприведенному методу, нашли геліоцентрическую долготу планеты каждый разъ опредѣлить разстояніе планеты отъ солнца, выраженное всегда въ одной и той же единицѣ. Мы получимъ въ концѣ концевъ радіусы векторы r планеты для любой изъ ея многихъ геліоцентрическихъ долготъ l и можемъ опредѣлить точно планетную орбиту. При этомъ мы пришли бы къ тому же результату, что и для земли, т. е., что всѣ планеты движутся вокругъ солнца по эллипсамъ, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ находится солнце. Этотъ основной результатъ нашего геометрически строгаго вывода называютъ первымъ закономъ Кеплера.

Такъ называемый второй законъ Кеплера выражаетъ открытое уже нами отношеніе между положеніемъ планеты на эллиптической орбитѣ и ея скоростью. Онъ гласитъ что площади, описываемыя радіусами векторами при движеніи планеты по эллипсу, всегда пропорціональны времени, потраченному на ихъ прохожденіе.

Отсюда, во-первыхъ, вытекаетъ, что въ перигеліи планета должна двигаться быстрѣе, чѣмъ въ афеліи, а, во вторыхъ, этимъ опредѣляется, въ какой степени ускоряется ея движеніе. Въ перигеліи соотвѣтственный радіусъ векторъ меньше, чемъ въ афеліи; площади, заключенныя между двумя радіусами и отвѣчающія одинаковому углу при солнцѣ, меньше для перигелія, чѣмъ для афелія. Но такъ какъ, по данному закону, для одинаковаго времени, въ теченіе котораго планета движется по периферіи эллипса, описываемая площадь одинакова, въ какой бы части орбиты ни находилась планета, то, слѣдовательно, для такого случая уголъ между двумя крайними радіусами обязательно долженъ быть больше въ перигеліи, чѣмъ въ афеліи, т. е. въ первомъ планета должна двигаться быстрѣе. Прилагаемый рисунокъ поясняетъ это. Равныя площади заштрихованы на немъ. Этотъ законъ Кеплеръ также вывелъ прямо изъ результатовъ своихъ измѣрительныхъ работъ на небѣ. Онъ опредѣлялъ площадь различныхъ отрѣзковъ эллипса совершенно такъ, какъ землемѣръ измѣряетъ поля.



Эллипсъ Кеплера. (Заштрихованныя площади всѣ равны между собою.)

Столь необычайно простое отношеніе между разстояніемъ небеснаго свѣтила отъ центральной точки системы и скоростью его движенія должно было въ прозорливомъ умѣ великаго реформатора теоретической астрономіи еще болѣе укрѣпить убѣжденіе, что единая вѣчная сила должна изъ этого центра съ одинаковой энергіей управлять всѣми планетными движеніями. Подтвержденіе этой мысли, которое могло сообщить дѣйствительную всеобщность міровой идеѣ объ единствѣ цѣлаго, выразилось въ третьемъ, высшемъ законѣ, который гласитъ, что кубы среднихъ разстояній или большихъ полуосей эллиптическихъ орбитъ относятся между собою, какъ квадраты соотвѣтствующихъ временъ полныхъ обращеній. Такъ какъ частное этихъ обѣихъ величинъ должно быть одинаково для всѣхъ планетъ, то этимъ ясно выражается единство силы, съ какою солнце управляетъ всѣми планетами.

---

10. Мірозданіе по Ньютону.

Послѣ того какъ Кеплеръ, руководясь мыслью, что земля движется вокругъ солнца, доказалъ съ абсолютною геометрическою точностью, что солнце находится въ фокусѣ всѣхъ остальныхъ планетныхъ движеній, и слѣдовательно изъ него исходитъ общая управляющая міромъ сила, послѣ того какъ далѣе Галилей установилъ общіе законы дѣйствія силы тяжести въ земныхъ условіяхъ, естественно могъ возникнуть вопросъ, нельзя ли эту всеобщую силу, исходящую изъ земли и дѣйствующую съ такимъ неизмѣннымъ постоянствомъ, примѣнить и для объясненія небесныхъ явленій. Какъ извѣстно, Ньютонъ (см. портретъ стр. 579) первый задался этимъ вопросомъ и съ блестящимъ успѣхомъ разрѣшилъ его путемъ вычисленій. Мы по возможности коротко представимъ въ логической последовательности тѣ разсужденія, которыя привели къ открытію всеобщаго дѣйствія силы тяжести.

На первый взглядъ можетъ показаться страннымъ и непонятнымъ, какимъ образомъ та сила тяжести, которая у насъ притягиваетъ къ землѣ всѣ тѣла и удерживаетъ ихъ на поверхности земли въ неподвижномъ, инертномъ положеніи, на небѣ вызываетъ живыя вѣчныя круговыя движенія свѣтилъ. Если планеты дѣйствительно тяготѣютъ къ солнцу, то, вѣдь, онѣ обязательно должны падать на солнце, подобно тому какъ у насъ

всякій камень, предоставленный самому себѣ, падаетъ на землю: по крайней мѣрѣ такъ представляется для наивнаго воззрѣнія. Но на самомъ дѣлѣ наблюдается иное. Поэтому надо было бы думать, что **не** сила тяжести, а какая то другая сила производитъ эти круговыя движенія (ради простоты мы будемъ далѣе представлять себѣ слабо эллиптическія движенія планетъ въ видѣ круговъ). Какъ ни простъ этотъ послѣдній выводъ, однако, ближайшее разсмотрѣніе этого интереснаго вопроса показываетъ, что на этотъ разъ наивное воззрѣніе ошибочно.

Всюду на землѣ у насъ на глазахъ сила тяжести, неизмѣнно совершаетъ свое дѣйствіе; каждое свободно падающее тѣло, подъ ея вліяніемъ въ первую секунду проходитъ 4,89 м.; другими словами, всякое падающее тѣло въ концѣ первой секунды находится на 4,89 м. ниже, чѣмъ въ началѣ ея.



Исаакъ Ньютонъ, род. въ Вульсторпѣ (Woolsthorpe, Англія) въ 1643 ум. въ Кенсингтонѣ въ 1727 г.
Съ современнаго портрета масляными красками.

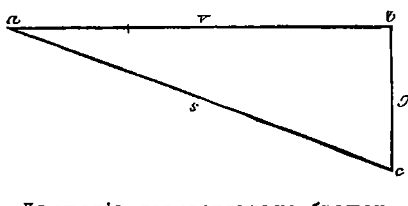
Если бросить тѣло вверхъ по вертикальной линіи, напр., съ такою силой, чтобы оно при отсутствіи силы тяжести въ концѣ первой секунды могло подняться на высоту 50 м., то на самомъ дѣлѣ тѣло поднимется только на 50 — 4,89 м. = 45,11 м. Наконецъ, если бросить тѣло какъ разъ въ горизонтальномъ направленіи, то по истеченіи первой секунды оно опустится на 4,89 м. ниже этого направленія, какова бы ни была его горизонтальная скорость. Это факты, въ которыхъ нельзя ничего измѣнить. Такъ какъ они крайне важны для всѣхъ дальнѣйшихъ нашихъ выводовъ, то необходимо выразить ихъ въ точной математической формѣ.

На стр. 580 на верхемъ чертежѣ v обозначаетъ горизонтальную скорость, съ какою брошено тѣло, т. е. тѣло, находящееся въ a, по истеченіи секунды оказалось бы въ b, если бы на него не дѣйствовала сила тяжести. Подъ вліяніемъ послѣдней тѣло въ тоже время опустится до точки c. Слѣдовательно, $\overline{bc}$ обозначаетъ путь, который тѣло прошло бы при паденіи въ первую секунду; назовемъ его g, хотя обыкновенно этой буквой обозначаютъ двойную величину этого пути. Въ дѣйствительности же тѣло пройдетъ путь $\overline{ac} = s$. Этотъ путь можно найти изъ выше указанныхъ величинъ по теоремѣ Пифагора $s^2 = v^2 + g^2$.

Воспользуемся тотчасъ же этимъ выводомъ. Допустимъ, что на высотѣ 20 м. надъ почвою установлена пушка такъ, что выпущенное ядро должно бы летѣть изъ ея дула какъ разъ въ горизонтальномъ направленіи со скоростью 500 м. въ секунду. Оставляя въ сторонѣ сопротивленіе

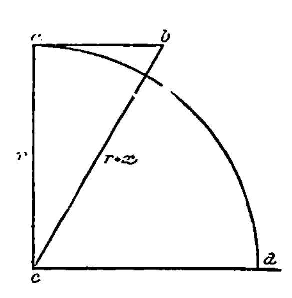
атмосфернаго воздуха, мы найдемъ, что путь, который въ дѣйствительности пролетитъ ядро въ первую секунду, взятый въ квадратѣ, будетъ равенъ $s^2 = 500 \times 500 + 4{,}89 \times 4{,}89 = 250\,023{,}91$. Отсюда самый путь $s = 500{,}02$ м. Какъ мы видимъ онъ длиннѣе v на весьма малую величину.

Но если бы мы могли произвести этотъ опытъ со всей желаемой точностью, то обнаружили бы другое странное явленіе. Ядро, какъ мы знаемъ, удалится отъ горизонтальной линіи на 4,89 м. Такъ какъ въ началѣ полета оно находилось на высотѣ 20 м., то на основаніи предыдущаго по истеченіи первой секунды оно должно находиться на высотѣ $20 - 4{,}89 = 15{,}11$ м. На самомъ дѣлѣ оно оказалось бы на 2 см. выше этого разстоянія. Еслибы скорость въ первую секунду равнялась 1000 м., то это кажущееся поднятіе достигло бы 8 см. Оно возрастаетъ очень быстро, такъ что при скорости въ 10 000 м. оно было бы уже не менѣе 7,85 м., слѣдовательно ядро при этихъ условіяхъ находилось бы на высотѣ $20 - 4{,}89 + 7{,}85 = 22{,}96$ м. надъ почвой. Такимъ образомъ, не смотря на то, что дѣйствіе земного притяженія направлено внизъ, и не смотря на то что тѣло было пущено совершенно горизонтально, оно поднялось бы надъ почвой на 2,96 м.



Движеніе горизонтально брошеннаго тѣла.

Это кажущееся противорѣчіе очень легко объясняется. Оно обусловливается извѣстной уже намъ шаровидностью земли. Положимъ, что на прилагаемой фигурѣ дуга ad есть часть земной поверхности, и мы находимся въ a. Тогда предметъ, брошенный горизонтально, дойдя до b, будетъ удаленъ отъ поверхности на нѣкоторую величину x, такъ какъ поверхность изогнута. Такимъ образомъ тѣло, не смотря на дѣйствіе силы тяжести, даже при горизонтальномъ полетѣ, будетъ находиться въ b дальше отъ центра земли (c), чѣмъ въ a. Здѣсь это разстояніе равно было радіусу земли r, въ b оно равно $r + x$. Зная величину $\overline{ab} = v$, мы можемъ вычислить x, т. е. поднятіе надъ поверхностью земли для различныхъ скоростей v, по формулѣ, прямо вытекающей изъ теоремы Пифагора: $r^2 + v^2 = (r + x)^2$. Квадратъ весьма малой величины x мы можемъ опустить здѣсь и тогда получимъ $v^2 = 2rx$, или $x = \frac{v^2}{2r}$.



Поднятіе горизонтально брошеннаго тѣла надъ поверхностью земли.

Съ помощью этой формулы можно теперь очень легко рѣшить слѣдующую задачу: найти, какую начальную скорость должно имѣть ядро, чтобы по истеченіи первой секунды оно было какъ разъ на той же высотѣ, какъ въ моментъ начала движенія. Тогда очевидно, x долженъ равняться пути, проходимому падающимъ тѣломъ въ первую секунду, т. е. 4,89 м. Поэтому мы имѣемъ $v^2 = 2rg = 2 \times 6\,370\,000 \times 4{,}89 = 62\,290\,000$ м. Извлекая квадратный корень изъ послѣдняго числа, получимъ $v = 7891$ м. Съ такою скоростью, слѣдовательно, должно летѣть ядро, чтобы дѣйствіе силы тяжести было уравновѣшено. Такъ какъ по истеченіи первой секунды оно не потеряетъ своей скорости, то мы получимъ, очевидно, опять тоже самое явленіе: въ концѣ второй секунды ядро опять пройдетъ 7891 м. и при этомъ опуститься на 4,89 м. На пройденномъ тѣломъ пути земная поверхность на эту же величину отклонится отъ прямой линіи. Слѣдовательно, ядро черезъ 2 секунды будетъ снова находиться на такомъ же разстояніи отъ поверхности земли, какъ въ началѣ движенія, и т. д.

При такихъ условіяхъ ядро никогда не упадетъ на землю, но непрерывно будетъ летѣть вокругъ нея; оно сдѣлается спутникомъ нашей планеты, настоящею луной. Если бы мы могли получить такую большую скорость (полетъ нашихъ пушечныхъ ядеръ въ лучшемъ случаѣ совершается вдесятеро медленнѣе), то мы могли бы по желанію создать для нашей земли спутниковъ, которые подъ вліяніемъ силы тяжести всегда вращались бы вокругъ нея.

Такимъ образомъ мы имѣемъ строгое доказательство, что движеніе свѣтилъ другъ около друга, дѣйствительно, можно объяснить силою тяжести. Является вопросъ, можно ли примѣнить такое объясненіе къ какому нибудь частному случаю, для котораго числовыя данныя намъ извѣстны. Для провѣрки этого лучше всего воспользоваться луною. Согласно всѣмъ міровоззрѣніямъ, луна движется вокругъ земли; а дѣйствіе силы тяжести земли мы знаемъ точно по крайней мѣрѣ на ея поверхности. Итакъ, спрашивается, можно ли объяснить, постоянное обращеніе луны вокругъ нашей планеты дѣйствіемъ тяжести, согласно только что выясненной теоріи?

Чтобы приступить къ этому доказательству, рѣшимъ сначала другой важный вопросъ, съ одинаковой ли силой проявляется дѣйствіе тяжести на различныхъ разстояніяхъ отъ земли; если же нѣтъ, то какому закону подчинено ея ослабленіе. Оказывается, что всѣ дѣйствія, распространяющіяся равномѣрно по всѣмъ направленіямъ изъ центра какого нибудь источника силы, будетъ ли то звукъ, теплота, свѣтъ, магнетизмъ, электричество или тяготѣніе уменьшаются пропорціонально квадрату разстоянія отъ центра, если только не встрѣчается никакихъ противодѣйствій, о чемъ мы будемъ говорить подробно позднѣе. Пусть g скорость паденія на разстояніи r, g_1 — на разстояніи r_1; тогда этотъ законъ выразится формулою: $\frac{g}{g_1} = \frac{r_1^2}{r^2}$, откуда $g_1 = \frac{gr^2}{r_1^2}$.

Такимъ образомъ, если намъ извѣстно, какъ это и есть на самомъ дѣлѣ, напряженіе силы тяжести g на разстояніи r отъ центра земли, откуда эта сила дѣйствуетъ равномѣрно во всѣ стороны, то мы можемъ по данной формулѣ тотчасъ же вычислить ея дѣйствіе на другомъ разстояніи r_1, напр. на разстояніи луны. Положимъ, что r круглымъ числомъ равно 384.400.000 м., тогда мы найдемъ, что напряженіе тяжести на разстояніи луны равно

$$g_1 = \frac{4{,}89 \times 6\,370\,000 \times 6\,370\,000}{384\,400\,000 \times 384\,400\,000} = 0{,}00135 \text{ м.}$$

Это значитъ, что тѣло, подъ вліяніемъ притяженія земли, на разстояніи луны въ первую секунду проходитъ при своемъ паденіи приблизительно $1^1/_3$ мм., тогда какъ на земной поверхности 4,98 м. Спрашивается дѣйствительно ли луна падаетъ въ каждую секунду по направленію къ землѣ на только что найденную величину; другими словами, такова ли кривизна лунной орбиты, что каждую секунду луна отклоняется въ своемъ приблизительно круговомъ пути на 0,00135 м. отъ прямой линіи, представляющей касательную къ этому кругу?

Выше (стр. 580) мы дали формулу, по которой можно вычислить эту величину x. Въ данномъ случаѣ r равно извѣстному разстоянію луны отъ земли, величина v, очевидно, равна пути, которое луна проходитъ по своей орбитѣ въ теченіе одной секунды, или настолько близка къ этой величинѣ, что мы, какъ показалъ намъ первый примѣръ съ летящимъ пушечнымъ ядромъ (стр. 580), можемъ вмѣсто v взять s. А этотъ путь мы найдемъ, раздѣливъ всю окружность лунной орбиты на число секундъ, въ теченіе которыхъ нашъ спутникъ проходитъ всю орбиту. Длина окружности круга, какъ извѣстно, равна произведенію діаметра $2r$ на число π, равное 3,1416. Мы уже нашли раньше, что звѣздное время обращенія

луны (здѣсь рѣчь идетъ какъ разъ о немъ, такъ какъ звѣзднымъ временемъ обращенiя называется время полнаго обращенiя въ 360°) равно круглымъ числомъ 2361000 секундъ. Обозначимъ это число u. Мы найдемъ $\Lambda = \frac{2r\pi}{u}$, а $x = \frac{2r\pi^2}{u^2} = \frac{2 \times 3 \times 4\,400\,000 \times 3{,}1416 \times 3{,}1416}{2\,361\,000 \times 2\,361\,000}$.

Вычисленiе даетъ 0,00136 м. На эту величину, которая опредѣляется строго геометрическимъ разсчетомъ, луна каждую секунду отклоняется къ землѣ отъ прямолинейного движенiя, т. е. падаетъ къ землѣ. Къ большому нашему удовлетворенiю мы находимъ, что это число до сотой миллиметра согласуется съ числомъ, опредѣленнымъ выше на основанiи того закона, что сила тяжести уменьшается пропорцiонально квадрату разстоянiя. Если принять въ разсчетъ различныя побочныя условiя, то и эта разница исчезнетъ. Такое совпаденiе служитъ доказательствомъ, что луна описываетъ путь вокругъ земли, дѣйствительно, лишь подъ влiянiемъ силы тяжести, такъ же точно, какъ и пушечное ядро въ нашемъ приведенномъ примѣрѣ, которое могло бы стать спутникомъ земли и совершать круговое движенiе вокругъ нея, получивъ одинъ разъ толчекъ опредѣленной силы.

Сила тяжести земли управляетъ луною. Та же сила простираетъ свое дѣйствiе далеко за предѣлы лунной орбиты. Нельзя ли объяснить ею и движенiе солнца? Тогда окажется, быть можетъ, что ученые древности, ставившiе землю въ центрѣ вселенной, были правы? Очевидно, возможно только одно изъ двухъ: или солнце движется вокругъ земли, какъ это мы видимъ (тогда, какъ мы узнали, движенiя всѣхъ планетъ оказываются очень сложными и трудно объяснимыми), или земля движется вокругъ солнца; тогда объясненiя небесныхъ движенiй значительно упрощаются. До сихъ поръ мы не сдѣлали еще окончательнаго выбора между двумя возможными рѣшенiями: больше вѣроятности за то, что движется земля. Только разсчетъ окончательно можетъ рѣшить великiй вопросъ, должна ли земля быть вытѣснена изъ центра мiра или нѣтъ.

Прежде всего рѣшимъ, какъ велика сила притяженiя земли на разстоянiи солнца, равномъ, по измѣренiю параллакса, круглымъ числомъ 148 600 миллiоновъ метровъ. Вставивъ это число въ формулу, которую мы уже примѣнили для луны, мы найдемъ, что на такомъ разстоянiи отъ земли тѣло приближается къ ней подъ влiянiемъ силы тяжести всего на 1 : 111 300 000 м. въ секунду. На такую ничтожную величину солнце, дѣйствительно, падаетъ къ землѣ въ одну секунду. Въ этомъ нельзя сомнѣваться, если признать всеобщую примѣнимость закона тяготѣнiя.

Допустимъ, что солнце вращается вокругъ земли, и посмотримъ, равно ли въ дѣйствительности отклоненiе его орбиты отъ прямой въ сторону земли найденной величинѣ, другими словами, совпадаетъ ли x, найденное по выше приведенной формулѣ, съ g, опредѣленнымъ нами для солнца. Въ данномъ случаѣ u, время обращенiя солнца, равно почти 31 560 000 секундамъ. Вычисленiе съ этими числами даетъ $x = 1 : 339{,}6$ м., результатъ, который совершенно не согласуется съ найденной ранѣе величиною для $g_1 = 1 : 111\,300\,000$ м. Итакъ, наша теорiя, прекрасно согласующаяся съ дѣйствительностью относительно луны, въ этомъ случаѣ оказывается совсѣмъ непримѣнимой. Не земля управляетъ солнцемъ, наоборотъ солнце излучаетъ громадную силу тяготѣнiя и удерживаетъ ею въ подчиненiи землю и всѣ планеты.

Мы говоримъ всѣ планеты, но это заявленiе можетъ показаться поспѣшнымъ. Не даетъ ли наша теорiя болѣе прямыхъ доказательствъ этого, чѣмъ приведенное выше соображенiе, что планетныя движенiя упрощаются, если принять движенiе земли вокругъ солнца. Попробуемъ найти это доказательство, а также разсмотримъ, подчинена ли болѣе значительная сила солнечнаго притяженiя тѣмъ же законамъ, что

и сила земного притяженія. Она должна быть постоянна и должна обнаруживать законъ ослабленія пропорціонально квадрату разстоянія. Для опредѣленія этого мы можемъ продѣлать для каждой планеты тотъ же самый разсчетъ, что сдѣлали для луны, и должны найти для опредѣленнаго разстоянія постоянно одинаковую величину силы притяженія.

Но прежде, чѣмъ рѣшить этотъ вопросъ, мы должны опредѣлить, какъ велика вообще сила притяженія солнца. Несоотвѣтствіе найденныхъ чиселъ x и g_1 показываетъ, что эта сила солнца гораздо больше силы земного притяженія. Взаимное отношеніе ихъ легко найти, стоитъ раздѣлить эти числа другъ на друга, такъ какъ g_1 есть дѣйствительная сила земного притяженія на разстояніи солнца; x же, соотвѣтственно тому, что мы только что узнали, обозначаетъ величину, на которую земля каждую секунду отклоняется солнцемъ отъ прямолинейнаго пути на круговую орбиту; слѣдовательно, x есть дѣйствительный путь паденія земли или, другими словами, сила притяженія солнца, выраженная въ метрахъ въ одну секунду, на такомъ же разстояніи, какъ и g_1. Итакъ, отношеніе силы тяжести солнца къ силѣ тяжести земли равно $\frac{x}{g_1} = \frac{111\,300\,000}{339,6} = 327\,800$. Слѣдовательно, солнце излучаетъ во вселенную почти въ одну треть милліона большую силу, чѣмъ земля: такова громадная центральная сила, благодаря которой въ нашей прекрасной системѣ непоколебимо сохраняется благодѣтельный порядокъ и которая единодержавному солнцу обезпечиваетъ абсолютную власть надъ его подданными.

Объ этой колоссальной силѣ мы не можемъ составить себѣ никакого представленія. Если бы земля обладала такою же силой, то тѣла на ея поверхности пролетали бы при паденіи не 4,89 м. въ первую секунду, но $4,89 \times 327\,800$ метровъ, т. е. нѣсколько больше 1600 км., а крошечный предметъ, напр., квадратный обрѣзокъ бумаги со стороною въ 10 мм., который у насъ вѣситъ приблизительно 1 кгр,, вѣсилъ бы при дѣйствіи силы притяженія солнца $327\,800 \times 0,00001$, т. е. $3^1/_4$ кгр. Какое громадное давленіе должны испытывать массы на солнцѣ! Какъ невообразимо громадны тѣ внутреннія силы, которыя работаютъ въ этомъ центральномъ очагѣ нашей небольшой части мірозданія и, превращаясь въ тепло и свѣтъ, служатъ для насъ источникомъ чудесной жизненной энергіи!

Однако, на поверхности солнца это давленіе далеко не такъ значительно, какъ мы только что нашли. Поперечникъ солнца гораздо больше поперечника земли, а при нашемъ разсчетѣ мы принимали разстояніе отъ центра равнымъ длинѣ земного радіуса, чтобы имѣть повсюду однѣ и тѣ же единицы для сравненія. Раньше мы нашли, что поперечникъ солнца больше поперечника земли въ 108,6 раза. Сила же притяженія уменьшается пропорціонально квадрату разстоянія. Слѣдовательно, чтобы найти величину силы тяжести на поверхности солнца, мы должны выше найденное число 327 800 раздѣлить на $108,6 \times 108,6$. Тогда мы получимъ, что искомое число равно 27,8. Предметъ, вѣсящій у насъ 1 кгр., на поверхности солнца долженъ вѣсить 27,8 кгр. При свободномъ паденіи это тѣло пройдетъ на солнцѣ въ первую секунду $27,8 \times 4,89 = 136$ м. Таковы факты, которые намъ удалось открыть, переходя логически отъ одного вывода къ другому и вводя въ нихъ только то, что было дѣйствительно найдено наблюденіемъ.

Но изъ этихъ фактовъ мы можемъ вывести еще другія интересныя заключенія. Физическія изслѣдованія подтвердили тотъ выводъ, что всякое тѣло производитъ тѣмъ большее притяженіе, чѣмъ оно тяжелѣе, или говоря точнѣе, сила его притяженія пропорціональна массѣ. Отсюда прежде всего слѣдуетъ, что солнце въ 327 800 разъ тяжелѣе земли. Такимъ образомъ мы какъ бы взвѣшиваемъ, кладемъ на вѣсы солнце. Изъ массы, составляющей солнце, можно было бы, слѣдовательно, сдѣлать 327 800 ша-

ровъ, величиною съ землю и со среднею плотностью земныхъ горныхъ породъ. Какъ извѣстно, объемы двухъ шаровъ относятся, какъ кубы ихъ поперечниковъ. Поперечникъ солнца въ 108,6 разъ больше поперечника земли; слѣдовательно, объемъ солнца въ 1 280 000 разъ больше объема земли. Въ этомъ объемѣ распредѣлена масса, превышающая массу земли всего въ 327 800 разъ; значитъ, вещество солнца менѣе плотно, чѣмъ вещество земли. Плотность солнца сравнительно съ плотностью земли оказывается равной $\frac{327\,800}{1\,280\,000} = 0{,}256$, т. е. составляетъ четверть земной плотности. Итакъ, несмотря на громадное давленіе, подъ какимъ находятся солнечныя массы, вещество земли вчетверо плотнѣе вещества солнца.

Теперь мы можемъ обратиться къ доказательству, что сила тяжести солнца подчинена по отношенію къ остальнымъ планетамъ, тому же самому закону, какой наблюдается для земной тяжести, т. е. уменьшается пропорціонально квадрату разстоянія. Только въ томъ случаѣ, когда это окончательно подтвердится наблюденіемъ, будутъ безусловно справедливы и всѣ остальныя наши заключенія. Доказательство это очень легко получить, пользуясь собраннымъ уже нами весьма цѣннымъ матеріаломъ. Именно, если имѣетъ силу законъ пропорціональности квадрату разстоянія, то для каждой планеты g должно совпадать съ соотвѣтственнымъ x. Алгебраически это выразится такъ: $x = g = \frac{2r\pi^2}{u^2}$, для другой планеты $x_1 = g_1 = \frac{2r_1\pi^2}{u_1^2}$. Соединяя обѣ формулы въ одно, получимъ: $\frac{g}{g_1} = \frac{ru_1^2}{r_1u^2}$. По закону уменьшенія силы тяжести пропорціонально квадрату разстоянія можно въ то же время составить отношеніе $\frac{g}{g_1} = \frac{r_1^2}{r^2}$. Вставивъ это выраженіе въ лѣвую сторону предыдущей формулы, мы наконецъ получимъ $\frac{r_1^2}{r^2} = \frac{r}{r_1} \frac{u_1^2}{u^2}$ или $\frac{r_1^3}{u_1^2} = \frac{r^3}{u^2}$. Это — весьма важная формула, математически выражающая третій законъ Кеплера, касающійся отношенія кубовъ разстояній къ квадратамъ временъ обращенія. Мы вывели его здѣсь изъ простого закона Ньютона относительно уменьшенія силы притяженія пропорціонально квадрату разстоянія.

Что это отношеніе правильно, можно доказать имѣющимися данными, полученными изъ наблюденій. Согласно описаннымъ раньше чисто геометрическимъ методамъ, которыми пользовался уже Кеплеръ, для планетъ получаются слѣдующія числа для r и u:

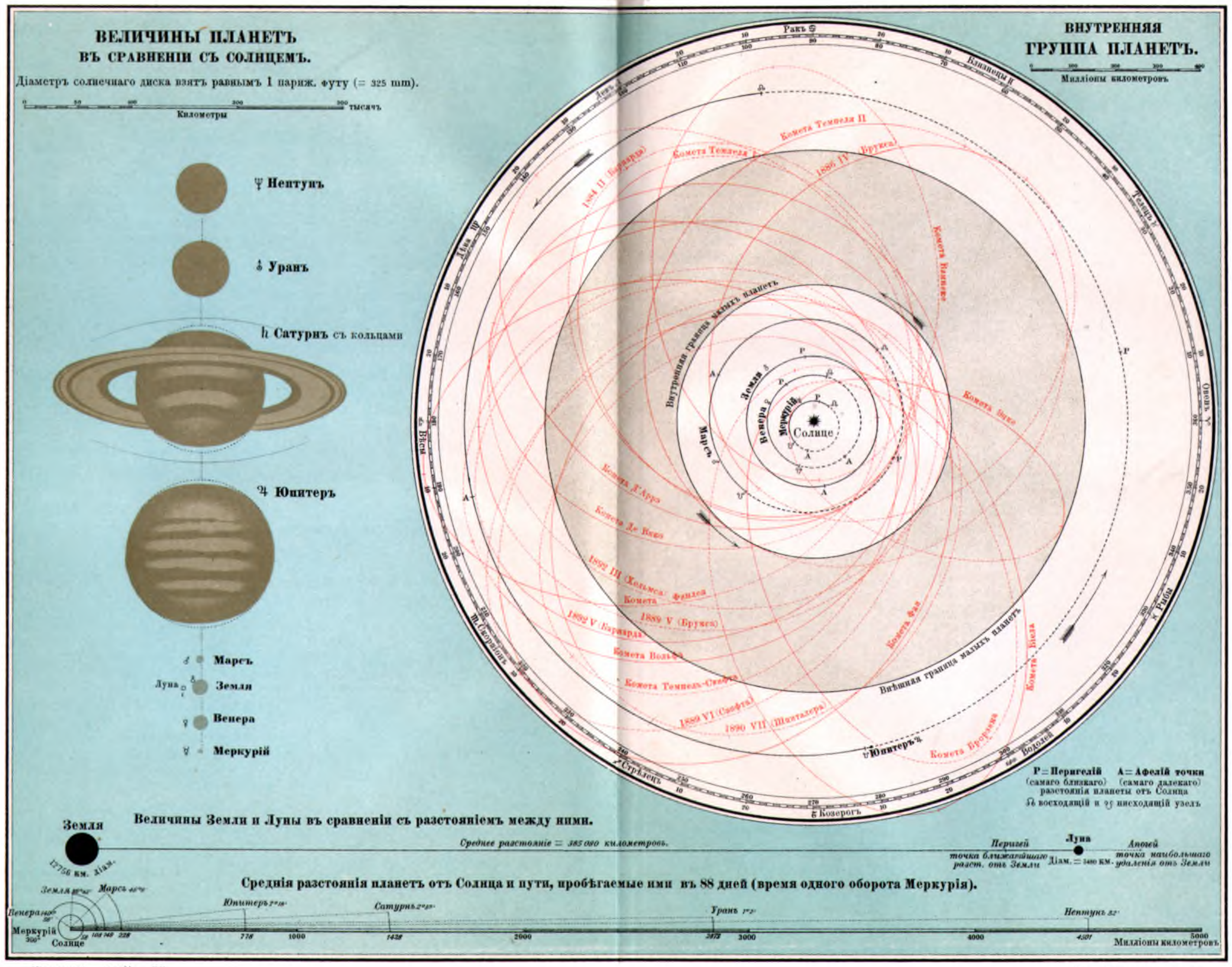
	r	u		r	u
Меркурій .	= 0,3871	87,97 дней	Юпитеръ	= 5,2028	4 332,58 дней
Венера	= 0,7233	224,70 „	Сатурнъ .	= 9,5389	10 759,22 „
Земля	= 1,0000	365,26 „	Уранъ	= 19,1833	30 686,5 „
Марсъ	= 1,5237	686,98 „	Нептунъ .	= 30,0551	60 186,64 „

Какой бы рядъ мы здѣсь ни взяли, но если первое число мы возведемъ въ кубъ, второе въ квадратъ и полученные результаты раздѣлимъ другъ на друга, то всегда будемъ имѣть одно и то же очень малое число, съ числителемъ 1, со знаменателемъ 133 400. Если изъ знаменателя извлечь квадратный корень, то получимъ 365,26, т. е. время обращенія земли вокругъ солнца. Это вполнѣ понятно, такъ какъ r для земли мы приняли равнымъ 1.

Выводъ этого чуднаго закона, связывающаго всѣ планеты, завершаетъ мірозданіе, воздвигнутое по единому плану въ величественномъ стилѣ. Размѣры этого мірозданія и распредѣленіе его отдѣльныхъ частей въ пространствѣ, включая и орбиты періодическихъ кометъ, наглядно представлены на прилагаемой отдѣльной таблицѣ.

Всѣ дальнѣйшія работы измѣрительной астрономіи направлены только къ тому, чтобы разработать Ньютоново мірозданіе въ отдѣльныхъ частяхъ и усовершенствовать его. Задача состоитъ въ томъ, чтобы единственнымъ,

ПЛАНЕТНАЯ СИСТЕМА.



Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

весьма простымъ закономъ, гласящимъ, что притяженіе свѣтилъ обратно пропорціонально квадратамъ разстояній и прямо пропорціонально массамъ, объяснить всѣ движенія свѣтилъ до мельчайшихъ подробностей, поскольку они намъ извѣстны, т. е. доказать на основаніи этого закона необходимость этихъ движеній. При сложности наблюдаемыхъ небесныхъ движеній, о которыхъ мы могли дать только общія свѣдѣнія, это задача нелегкая. Вслѣдствіе же большого множества свѣтилъ эта задача оказывается даже наиболѣе трудной, какая только можетъ представиться человѣческой мысли, съ одной стороны потому что работы, связанныя съ этимъ изслѣдованіемъ, весьма кропотливы, съ другой — потому что современный математическій анализъ еще не достаточно совершененъ. Поэтому, особенно здѣсь, гдѣ мы можемъ пользоваться только простѣйшими математическими пріемами, мы не въ состояніи строго выводить всѣ необходимыя доказательства, но должны довольствоваться знакомствомъ только съ нѣкоторыми простѣйшими выводами.

Прежде всего обратимся къ тѣмъ планетамъ, которыя сами представляютъ системы центральныхъ движеній, т. е. вокругъ которыхъ обращаются спутники. Если начало Ньютона имѣетъ дѣйствительно всеобщее примѣненіе, то оно должно сказаться и въ движеніяхъ всѣхъ спутниковъ. Особенно же третій законъ Кеплера долженъ сразу обнаружиться изъ наблюденія надъ системами, гдѣ существуетъ нѣсколько спутниковъ. Времена обращенія спутниковъ и ихъ сравнительныя разстоянія отъ планетъ можно опредѣлять безъ всякихъ предположеній относительно дѣйствительныхъ разстояній, или относительно движеній какъ нашей точки наблюденія, такъ и системы спутниковъ. Относительныя разстоянія можно всегда опредѣлить въ частяхъ видимаго поперечника планеты, который, при измѣненіи разстоянія всей системы, измѣняется въ такомъ же отношеніи, какъ и разстоянія спутниковъ отъ центра ихъ планеты. Хотя орбиты спутниковъ, вслѣдствіе извѣстнаго положенія плоскостей, должны испытывать сокращеніе, однако, какъ легко понять наибольшее видимое разстояніе спутника отъ его планеты всегда будетъ соотвѣтствовать поперечнику его орбиты, если допустить, какъ первое приближеніе, что эта орбита есть кругъ. При малой эллиптичности орбитъ это допущеніе возможно.

Итакъ, если третій законъ Кеплера примѣнимъ для спутниковъ всѣхъ остальныхъ планетъ, то отношеніе квадратовъ временъ обращенія спутниковъ къ кубу разстоянія отъ центра ихъ системы должно быть для данной системы постоянно, но для различныхъ планетъ эта постоянная будетъ, конечно, различна. Произведемъ сначала вычисленіе для пяти спутниковъ Юпитера, Наблюденіе даетъ для нихъ слѣдующія времена обращенія въ дняхъ и слѣдующія среднія разстоянія въ частяхъ экваторіальнаго радіуса Юпитера:

	u	r	r_1
V.	0,4982	2,55	0,001 212
I.	1,7691	5,933	0,002 820
II.	3,5512	9,439	0,004 485
III.	7,1545	15,057	0,007 154
IV	16,6890	26,486	0,012 583

Такое же вычисленіе, какое мы произвели на стр. 584 для планетъ, даетъ и для этихъ пяти спутниковъ одно и то же число, именно 66,71. Это доказываетъ, что Юпитеръ также излучаетъ центральную силу, которая уменьшается пропорціонально квадрату разстоянія. Истинную величину этой центральной силы мы можемъ измѣрить, если отъ относительныхъ разстояній спутниковъ отъ центра силы мы перейдемъ къ абсолютнымъ, или же выразимъ ихъ отношенія къ одной общей единицѣ солнечной системы, къ солнечному разстоянію. Поэтому въ вышеприведенной

таблицѣ мы присоединили еще столбецъ, обозначенный r_1, въ которомъ разстоянiя спутниковъ выражены въ единицахъ солнечнаго разстоянiя. Легко видѣть, что r_1 можно опредѣлить съ большою точностью, пользуясь третьимъ закономъ Кеплера, такъ же какъ, зная время обращенiя Юпитера, можно найти простымъ вычисленiемъ по крайней мѣрѣ среднее разстоянiе этой планеты отъ солнца въ единицахъ солнечнаго разстоянiя. Для этого надо только время обращенiя Юпитера возвести въ квадратъ и изъ полученнаго числа извлечь кубическiй корень. Единицею для времени обращенiя надо выбрать годъ, тогда мы получимъ для разстоянiя величину, выраженную въ желаемой единицѣ.

Если мы произведемъ весь разсчетъ съ r_1, то найдемъ, что для всѣхъ пяти спутниковъ отношенiе $u^2 : r_1^3$ равно $1 : 139\,800\,000$. Такъ какъ въ этомъ случаѣ мы взяли тѣ же самыя единицы, какъ при вычисленiи, сдѣланномъ для планетъ, то это число прямо указываетъ намъ, во сколько разъ центральная сила, излучаемая Юпитеромъ, меньше соотвѣтственной центральной силы солнца. Частное отъ обоихъ чиселъ, именно $\frac{133\,400}{139\,800\,000}$ (см. стр. 583), показываетъ, что притяженiе Юпитера въ 1048 разъ меньше притяженiя солнца и, слѣдовательно, въ 313 разъ больше притяженiя земли, такъ какъ мы нашли (стр. 583), что масса солнца въ 327 800 разъ больше массы земли. Такъ какъ сила притяженiя прямо пропорцiональна массѣ, то эти числа выражаютъ взаимное отношенiе массъ. Но объемъ Юпитера круглымъ числомъ въ 12600 разъ больше объема земли; въ такомъ объемѣ распредѣлена масса, которая въ 313 разъ больше массы земли. Поэтому въ среднемъ плотность Юпитера вчетверо меньше плотности земли, т. е. почти равна плотности солнца. Еслибы поперечникъ Юпитера не былъ больше поперечника земли, то каждый предметъ на его поверхности вѣсилъ бы во столько же разъ больше, во сколько разъ масса Юпитера превышаетъ массу земли, т. е. земной килограммъ вѣсилъ бы тамъ 313 кгр. Но такъ какъ поперечникъ Юпитера почти въ 11 разъ больше поперечника земли. а сила притяженiя уменьшается пропорцiонально квадрату разстоянiя, то надо число 313 раздѣлить еще на 11×11. Итакъ, оказывается что на поверхности этой планеты всѣ предметы почти въ $2^1/_2$ раза тяжелѣе, чѣмъ на поверхности земли. Путь, проходимый свободно падающимъ тѣломъ, въ первую секунду, будетъ равенъ на Юпитерѣ $4 \times 2^1/_2 = 12{,}5$ метра. Такимъ образомъ. благодаря всеобщей примѣнимости закона Ньютона, мы можемъ для иного свѣтила, сравнительно простымъ разсчетомъ, опредѣлить до долей метра величину, которую разумное существо, быть можетъ, обитающее на этомъ свѣтилѣ, находитъ путемъ физическаго опыта. Можно даже въ этомъ опредѣленiи сдѣлать всѣ необходимыя поправки, которыя зависятъ отъ сжатiя и вращенiя планеты (см. стр. 472).

Для остальныхъ планетъ, имѣющихъ спутниковъ, можно произвести такое же вычисленiе. Результаты такихъ вычисленiй помѣщены въ таблицѣ планетныхъ орбитъ, на стр. 613 и сл.

Обращаясь къ инымъ подтвержденiямъ закона Ньютона, мы не должны однако забывать, что въ нашихъ разсужденiяхъ мы, для простоты дѣла, пренебрегли нѣкоторыми частностями: это было допустимо, какъ можно доказать, въ томъ или другомъ отдѣльномъ случаѣ, но въ иныхъ случаяхъ могло бы отозваться на результатѣ весьма замѣтно. Напр., до сихъ поръ мы разсматривали дѣйствiе тяжести такъ, какъ будто массы тѣлъ, какъ движущаго, такъ и находящагося въ движенiи, сосредоточены были въ ихъ центрахъ. Строго разсуждая, мы должны бы разсмотрѣть дѣйствiе каждой отдѣльной молекулы центральной массы на каждую отдѣльную молекулу движущагося тѣла, согласно закону Ньютона, Однако, можно доказать, что если массы малы сравнительно съ разстоянiемъ, отдѣляющимъ ихъ, составлены симметрично

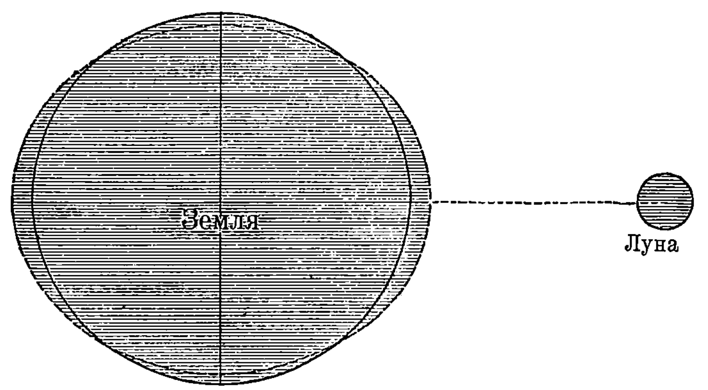
и обладаютъ извѣстной твердостью, какъ напр. масса земли, то общее движеніе совершается такъ, какъ будто бы тѣла не имѣли поперечниковъ. Но упрощенное примѣненіе закона не допустимо тамъ, гдѣ отдѣльныя части движущагося тѣла сами подвижны, какъ напр., водная оболочка земли. На эту послѣднюю солнце и луна должны производить особенныя притяженія, дѣйствіе которыхъ мы наблюдаемъ на самомъ дѣлѣ въ видѣ приливовъ и отливовъ. Общая сила притяженія, производимая луною на землю, по закону Ньютона, выражается формулою $\frac{m}{r^2}$, гдѣ m обозначаетъ массу луны, r — разстояніе ея центра отъ центра земли. На точку земной поверхности, для которой луна стоитъ какъ разъ въ зенитѣ, дѣйствіе силы притяженія нѣсколько меньше, именно, оно равно $\frac{m}{(r-d)^2}$, гдѣ d есть радіусъ земли, Чтобы найти разницу дѣйствія силы притяженія между центромъ и поверхностью, мы должны взять разность обѣихъ полученныхъ величинъ, т. е. $m\left(\frac{1}{r^2}-\frac{1}{(r-d)^2}\right)=m\,\frac{d\,(d-2r)}{r^2\,(r-d)^2}$. Здѣсь можно пренебречь радіусомъ d, если онъ является весьма малою величиною, сравнительно съ очень большимъ разстояніемъ r обоихъ свѣтилъ; поэтому въ числителѣ и знаменателѣ послѣдняго выраженія мы можемъ опустить d. Дѣйствительно, разсчетъ съ числовыми величинами показываетъ, что этимъ мы не сдѣлаемъ большой ошибки. Итакъ, для искомой разности дѣйствій мы получимъ приблизительно выраженіе $\frac{2md}{r^3}$. Опущенный впереди знакъ не мѣняетъ дѣла.

Слѣдовательно, на найденную нами величину воды океановъ притягиваются сильнѣе сравнительно съ остальными частями земли, когда луна проходитъ какъ разъ надъ ними. Какъ извѣстно, мы можемъ наблюдать этотъ избытокъ притяженія. Приливъ и отливъ смѣняются дважды въ сутки по всѣмъ берегамъ океановъ, и промежутки времени, лежащіе между высокимъ положеніемъ воды, въ среднемъ повсюду почти равны промежутку между двумя кульминаціями луны, верхнею и нижнею. Образуется водяная гора и въ тѣхъ областяхъ земли, которыя обращены въ сторону, противоположную лунѣ. На первый взглядъ это можетъ показаться страннымъ, но при ближайшемъ разсмотрѣніи легко понять, что на точки, имѣющія луну въ надирѣ, притяженіе дѣйствуетъ съ меньшей силой, соотвѣтственно разстоянію r + d. Дѣйствія притяженія на водяныя массы здѣсь меньше на ту же величину, на какую на противоположной сторонѣ земли, притяженіе сильнѣе. Поэтому водяная оболочка и принимаетъ такую форму, какая схематически изображена въ преувеличенномъ видѣ на стр. 588. Въ природѣ форма водяныхъ горъ, или приливныхъ волнъ, конечно, далеко не такъ проста. Сложное очертаніе материковъ замедляетъ и тормозитъ образованіе приливной волны, въ различной степени для различныхъ частей берега; для каждой отдѣльной мѣстности, однако, характеръ явленія остается постояннымъ, не говоря объ особенныхъ нарушеніяхъ, вызываемыхъ бурями и другими причинами. Поэтому опредѣливъ разъ для извѣстнаго мѣста время запаздыванія прилива противъ кульминацій луны или такъ называемый прикладной часъ, можно съ помощью движенія луны, на какой угодно періодъ, заранѣе вычислить время прилива и отлива.

Вслѣдствіе различной высоты приливной волны въ разныхъ мѣстахъ нельзя опредѣлить практически общее дѣйствіе луны на водныя массы земли. Поэтому теоретическія изслѣдованія въ данномъ вопросѣ не имѣютъ большого значенія, такъ какъ здѣсь никогда нельзя сравнить теоретическихъ выводовъ съ практикой. Но можно привести весьма интересное доказательство справедливости нашихъ взглядовъ на причины приливовъ и отливовъ: очевидно, помимо луны солнце также должно оказывать по-

добное же дѣйствіе на земныя воды. Въ виду того, что разстояніе солнца отъ насъ гораздо больше и при томъ эту величину надо взять въ кубѣ, солнечные приливы, не смотря на большую массу солнца, меньше лунныхъ. Назовемъ солнечную массу M, а ея разстояніе отъ насъ R, тогда для отношенія величины обоихъ приливовъ другъ къ другу мы получимъ выраженіе: $\frac{M r^3}{m R^3}$.

Это отношеніе мы можемъ выразить численно. Наблюденія показываютъ, что высота приливовъ періодически измѣняется; она больше во время полнолунія и новолунія, потому что тогда совмѣстно дѣйствуютъ солнце и луна, и слабѣе во время первой и послѣдней четверти, потому что тогда оба свѣтила дѣйствуютъ въ противоположныхъ направленіяхъ. Прямымъ наблюденіемъ найдено, что отношеніе величины солнечныхъ приливовъ къ луннымъ равно 0,4255. Это число мы можемъ подставить въ послѣднюю формулу, и, принявъ затѣмъ какой нибудь одинъ изъ ея членовъ за неизвѣстное, опредѣлить его. Если мы найдемъ ту же величину другимъ путемъ, то можемъ считать наши взгляды на образованіе приливовъ и отливовъ правильными. Вмѣстѣ съ тѣмъ это подтвердитъ и наше положеніе объ отдѣльномъ дѣйствіи силы притяженія каждой молекулы на каждую другую молекулу въ мірозданіи.



Происхожденіе приливовъ и отливовъ подъ вліяніемъ притяженія луны.

Оба разстоянія r и R, такъ же какъ массу солнца M мы можемъ, на основаніи предыдущаго, считать достаточно опредѣленными. Возьмемъ отношеніе R : r = 385, а M = 327 700 (см. стр. 583). При помощи этихъ величинъ мы можемъ найти еще неизвѣстную намъ пока массу луны изъ практически наблюденныхъ приливовъ и отливовъ, Мы получимъ: $m = \frac{M r^3}{0{,}4255 \times R^3} = \frac{327\,800}{0{,}4255 \times 385^3} = \frac{1}{74}$.

Итакъ, наблюдая, въ какомъ отношеніи находятся дѣйствія солнечнаго и луннаго притяженія на подвижныя водныя части на земной поверхности, мы нашли, что масса луны почти въ 74 раза меньше массы земли. Болѣе точныя наблюденія, чѣмъ наблюденія надъ пульсаціями вѣчно безпокойной морской поверхности, дали довольно согласно для массы луны величину 1 : 80. На движеніяхъ морского уровня отражаются однако не только общія движенія солнца и луны, но также и особенныя положенія этихъ свѣтилъ: высота прилива больше, когда луна находится въ перигеѣ, въ наибольщей близости къ землѣ; поэтому приливная волна можетъ достигнуть даже опасныхъ размѣровъ, если во время прилива близость луны къ землѣ совпадетъ съ близостью солнца.

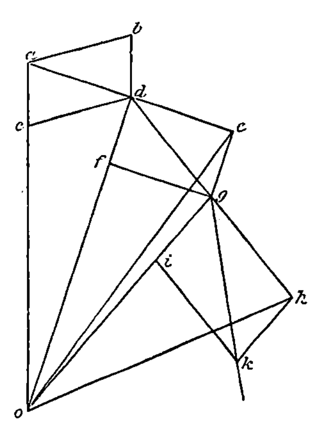
Конечно, то особенное притяженіе, какимъ вызываются морскіе приливы и отливы, производитъ подобныя же движенія и въ воздушномъ океанѣ, окружающемъ землю, Но такъ какъ здѣсь движеніе воздушныхъ массъ не встрѣчаетъ сопротивленій, то явленіе приливовъ и отливовъ воздушнаго океана должно имѣть очень незначительные размѣры, особенно потому что большая упругость и подвижность воздуха

способствуютъ быстрому выравниванію. По теоретическимъ изслѣдованіямъ Лапласа и другихъ, даже волна водяного прилива имѣла бы высоту въ $2^1/_2$ фута, если бы земля была окружена океаномъ со всѣхъ сторонъ и волна могла бы свободно распространяться по его поверхности. Однако Оппольцеръ вычислилъ, что уже при высотѣ прилива только въ одинъ футъ ежедневно какъ бы увлекается приливной волной до 120 кубическихъ географическихъ миль воды; на самомъ дѣлѣ эта вода не перемѣщается, а задерживается; земля же какъ бы скользитъ подъ нею. Воздушный океанъ также испытываетъ подобныя притяженія. Дѣйствіе ихъ отвѣчаетъ приблизительно колебанію барометрической высоты, какое происходило бы при измѣненіи высоты мѣста на 0,3 мм. Дѣйствительно, обнаружены признаки періодическихъ колебаній воздушнаго давленія, совершающихся параллельно измѣненію положенія луны. Однако, эти колебанія такъ малы, что на основаніи ихъ преждевременно и не научно дѣлать предсказанія погоды, какъ предлагаетъ Рудольфъ Фальбъ и другіе! Еще менѣе основательна гипотеза землетрясеній, данная этимъ изслѣдователемъ. Онъ приписываетъ сотрясенія земной коры дѣйствію притяженія луны на жидкія внутреннія массы земли. Однако мы не будемъ здѣсь входить въ обсужденіе этихъ вопросовъ.

Притяженіе луны и солнца на отдѣльныя части земного шара обнаруживается еще рѣзче въ явленіяхъ лунно-солнечной процессіи и нутаціи, съ характеромъ которыхъ мы познакомились уже раньше (стр. 507 и сл.). Мы узнали, что положеніе земной оси испытываетъ періодическія колебанія, при чемъ ось совершаетъ движенія по поверхности конуса: движеніе процессіи круглымъ числомъ разъ въ 26 000 лѣтъ, движеніе нутаціи разъ въ $18^2/_3$ лѣтъ. Мы видѣли далѣе, что можно вызвать подобныя же движенія въ волчкѣ, если сообщить ему во время вращенія односторонній толчекъ. Если въ данномъ случаѣ толчекъ не возобновляется, то кругъ, описываемый осью вращенія, или, — что тоже самое, — уголъ при вершинѣ конуса постепенно долженъ уменьшаться. Соотвѣтственное же движеніе земной оси постоянно; слѣдовательно, должна существовать постоянная причина, которая дѣйствуетъ на ось вращенія земли въ описанномъ смыслѣ. Эта причина заключается въ дѣйствіи притяженія луны и солнца на тѣ земныя массы, которыя составляютъ экваторіальный избытокъ земли, происшедшій отъ ея сжатія. Если бы этотъ избытокъ или вернѣе сказать, вздутіе лежало симметрично къ лунной и къ земной орбитѣ, то подобнаго дѣйствія не было бы. Но такъ какъ земная ось образуетъ уголъ съ плоскостями этихъ орбитъ, то сила притяженія обоихъ свѣтилъ стремится такъ измѣнить направленіе земной оси, чтобы придать землѣ симметричное положеніе. Мы не станемъ разбирать здѣсь, какъ дѣлали при явленіи приливовъ и отливовъ, теоретическихъ основаній, при помощи которыхъ изъ взаимнаго отношенія свѣтилъ можно вывести величину процессіи и нутаціи, чтобы затѣмъ ее сравнить съ дѣйствительно наблюденною величиною. Но параллельно со взятымъ уже нами примѣромъ укажемъ, что съ помощью этой теоріи можно вывести или величину сжатія земли, или, наоборотъ, если считать эту послѣднюю достаточно точно опредѣленной градусными измѣреніями, то можно найти массу луны. Въ обоихъ случаяхъ получаются для этихъ величинъ значенія, довольно согласныя съ другими опредѣленіями, а это служитъ новымъ подтвержденіемъ закона Ньютона.

До сихъ поръ, особенно при вычисленіяхъ силы притяженія планетъ и луны, мы забывали эллиптическую форму ихъ орбитъ, замѣняя ее кругомъ. Только при первыхъ двухъ законахъ Кеплера мы говорили объ эллиптическомъ движеніи планетъ и происходящихъ отсюда неравенствахъ. Но теоретическая астрономія можетъ и эти оба закона Кеплера представить.

какъ частные случаи общаго закона Ньютона, подобно тому, какъ мы это сдѣлали для третьяго закона. Выводъ второго закона Кеплера простъ. Этотъ законъ гласитъ, то тѣло, движеніе котораго управляется центральной силой, описываетъ своимъ радіусомъ векторомъ равныя площади въ равные промежутки времени. Пусть на нашемъ рисункѣ ab представляетъ направленіе и величину скорости тѣла, которое двигалось бы такимъ образомъ изъ точки a, если бы на него не дѣйствовала центральная сила, сосредоточенная въ O; пусть въ то же время центральная сила заставляетъ тѣло перемѣститься отъ a до c, тогда по извѣстной теоремѣ параллелограмма силъ тѣло вслѣдствіе обоихъ дѣйствій передвинется изъ a въ d. Если бы центральная сила перестала дѣйствовать, то по инерціи тѣло летѣло бы дальше отъ d до e, такъ что = de = ad. Въ d тѣло находится ближе къ центральной точкѣ O чѣмъ, въ a; слѣдовательно, при свободномъ паденіи, оно прошло бы теперь во взятую единицу времени пространство df, которое больше ac; насколько больше, намъ незачѣмъ здѣсь опредѣлять. Изъ новаго параллелограма слѣдуетъ, что тѣло будетъ двигаться отъ d къ g. Если второй законъ Кеплера справедливъ, то площадь треугольника oad должна быть равна площади треугольника odg, что очень легко доказать. Извѣстная геометрическая теорема гласитъ, что два треугольника, имѣющіе равныя основанія и одну общую сторону, имѣютъ равныя площади. Эта теорема примѣнима къ треугольникамъ oad и ode. Но треугольники ode и odg также имѣютъ равныя площади, потому что ихъ основанія и высоты равны, eg параллельно od. Этимъ мы доказали, что площадь oad равна odg, причемъ мы не дѣлали никакого особаго предположенія объ увеличеніи скорости паденія тѣла при приближеніи къ центральному тѣлу. То же самое можно легко доказать и для треугольника ogk, въ которомъ путь паденія gi значительно больше, чѣмъ онъ былъ въ началѣ. Вмѣстѣ съ тѣмъ мы видимъ, что пройденныя разстоянія ad, dg, dk становятся все больше.

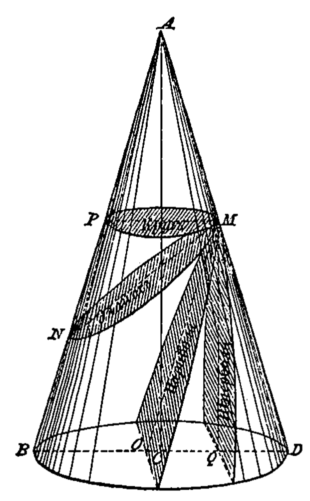


Доказательство общей примѣнимости 2-го закона Кеплера при дѣйствіи центральныхъ силъ.

Чтобы лучше выяснить соотвѣтственныя геометрическія отношенія, мы приняли въ данномъ случаѣ, что тангенціальная (касательная) и центральная силы дѣйствуютъ толчками. Но стоитъ въ достаточной степени уменьшить размѣры треугольниковъ и т. д., и тогда линіи ad, dg, dk и т. д. составятъ кривую. Форма кривой, смотря по дѣйствующимъ силамъ, будетъ различна; но если дано отношеніе обѣихъ силъ другъ къ другу, то она можетъ быть опредѣлена математическимъ анализомъ. Мы уже нашли, что, какова бы ни была эта кривая, радіусъ векторъ движущагося по ней тѣла долженъ всегда въ одинаковое время описывать одинаковыя площади. Для этого, какъ оказывается, нужно только одно условіе, чтобы тѣло двигалось подъ вліяніемъ центральной силы, которая можетъ и не испытывать уменьшенія пропорціонально квадрату разстоянія и даже можетъ не оказывать притяженія; для отталкивательной силы также былъ бы примѣнимъ второй законъ Кеплера. Слѣдовательно, если мы ищемъ въ далекихъ небесныхъ пространствахъ подтвержденія теоріи Ньютона, то свѣтило, движеніе котораго удовлетворяетъ только второму закону Кеплера, не дастъ намъ этого подтвержденія.

Ясно, что при одной и той же центральной силѣ форма кривой опредѣляется отношеніемъ перемѣщенія тѣла по касательной къ перемѣщенію

по направленію къ центральному источнику силы, т. е. отношеніемъ ab: ас въ нашемъ послѣднемъ рисункѣ. Въ изображенномъ на ней случаѣ тѣло при своемъ движеніи приближается къ центру. Если же взять ab значительно больше, или ас меньше, то діагональ ad можетъ пойти такъ, что d будетъ далѣе отъ центра, чѣмъ а. Тогда, по закону Ньютона, мы должны взять df меньше, чѣмъ ас; слѣдовательно, кривая все болѣе удалялась бы отъ центра. Можно еще тщательнѣе и полнѣе изслѣдовать явленіе графически, съ циркулемъ и линейкой въ рукахъ. Тогда мы найдемъ, что между извѣстными предѣльными величинами для указаннаго отношенія, мы будемъ получать фигуры, которыя представляютъ всегда эллипсы, если мы построимъ кривую на углахъ, полученныхъ при нашемъ построеніи. Если перейти эти предѣлы, увеличивая еще болѣе касательную скорость, то образуются незамыкающіяся кривыя, гиперболы. При нѣкоторой вполнѣ опредѣленной, предѣльной величинѣ, т. е. при опредѣленномъ, изъ безконечно большого числа, отношеніи касательной скорости къ центральной, образуется парабола; другое опредѣленное отношеніе даетъ кругъ.



Коническія сѣченія.

Всѣ эти четыре кривыя, кругъ, эллипсъ, парабола и гипербола, называютъ общимъ именемъ коническихъ сѣченій (см. прилагаемый рисунокъ), потому что онѣ образуются сѣченіями прямого конуса. Если мы сдѣлаемъ сѣченіе параллельно основанію конуса, то образуется кругъ; наклонимъ сѣченіе такъ, чтобы оно охватывало со всѣхъ сторонъ коническую поверхность, но съ одной стороны на большемъ разстояніи отъ вершины, чѣмъ съ другой, тогда образуется эллипсъ, который тѣмъ болѣе приближается къ кругу, чѣмъ меньше уголъ, образуемый плоскостью сѣченія съ основаніемъ конуса. Когда этотъ уголъ достигаетъ такой величины, что плоскость сѣченія становится параллельной одной изъ производящихъ конуса, т. е. нигдѣ ее не можетъ пересѣчь, тогда образуется не замыкающаяся фигура параболы. Наконецъ при дальнѣйшемъ приближеніи плоскости сѣченія къ первоначально взятой производящей конуса образуются гиперболы. Итакъ, мы видимъ, что изъ опредѣленной точки поверхности конуса BAD, напр. изъ M, можно провести безконечно много плоскостей, которыя образуютъ въ сѣченіяхъ эллипсы или гиперболы, но только въ одномъ сѣченіи получается кругъ, и въ одномъ парабола. Чтобы при условіи примѣненія закона Ньютона могла образоваться круговая орбита, между касательной скоростью и силой притяженія должно существовать какъ разъ то отношеніе, которое мы опредѣлили уже выше (стр. 584), т. е. сила тяжести на соотвѣтственномъ разстояніи должна быть равна $2 r\pi^2 : u^2$. Такое абсолютно точное отношеніе никогда не встрѣчается въ природѣ; поэтому и нѣтъ совершенно правильныхъ круговыхъ орбитъ. Если бы даже небесное свѣтило въ теченіе короткаго времени могло двигаться по круговой орбитѣ, то вслѣдствіе постороннихъ вліяній, которымъ оно постоянно подвергается, и о которыхъ мы еще будемъ говорить, оно сейчасъ же было бы смѣщено съ нея.

Поэтому то всѣ замкнутыя орбиты небесныхъ свѣтилъ въ солнечной системѣ суть эллипсы. Если сила притяженія становится больше, чѣмъ она должна быть при соотвѣтственной круговой орбитѣ, то свѣтило будетъ, конечно, приближаться къ солнцу больше, чѣмъ при движеніи по этой послѣдней. Въ дальнѣйшемъ движеніи сила притяженія будетъ возрастать, какъ и касательная скорость, какъ это непосред-

ственно видно на рис. на стр. 590. Образуется эллипсъ, точка афелія котораго лежитъ тамъ, гдѣ началось уклоненіе отъ круговой орбиты. Если наоборотъ увеличивается касательная скорость, то тѣло будетъ удаляться отъ периферіи круга, образуется эллипсъ, который въ данномъ мѣстѣ будетъ имѣть точку перигелія. Какъ видно на рисункѣ, большія оси образующихся эллипсовъ будутъ тѣмъ больше, чѣмъ больше касательная сила въ точкѣ перигелія. Въ концѣ концовъ большая ось становится безконечно большой и замкнутая кривая переходитъ въ кривую съ безконечными вѣтвями: соотвѣтственный предѣлъ отношенія обѣихъ дѣйствующихъ силъ можно опредѣлить точно математически. Поэтому, если мы можемъ опредѣлить скорость свѣтила при прохожденіи его черезъ перигелій или въ другой части орбиты (изъ послѣдней скорости можно всегда найти первую), то мы всегда можемъ рѣшить, къ какой категоріи коническихъ сѣченій принадлежитъ орбита и сказать, будетъ ли свѣтило періодически описывать свой замкнутый путь, или же, придя изъ безконечности, опять туда вернется.

Этотъ вопросъ особенно важенъ для кометныхъ орбитъ, такъ какъ мы можемъ изслѣдовать эти орбиты на сравнительно очень маломъ пути, какой эти свѣтила проходятъ въ періодъ своей видимости для насъ. Здѣсь приходится по наблюденной скорости свѣтилъ рѣшать, проникли ли они изъ вселенной въ солнечную систему, какъ чуждыя ей тѣла, или принадлежали ей и ранѣе. На основаніи предыдущаго математически вопросъ представляется въ такой формѣ: по касательной скорости кометы мы должны опредѣлить, описываетъ ли она эллипсъ или гиперболу. A priori парабола представляется невѣроятной, какъ орбита небеснаго свѣтила, потому что эта кривая, какъ и кругъ, есть предѣльный и слѣдовательно невѣроятный случай. Вопреки этому оказывается, что кометы, за исключеніемъ немногихъ, которыя движутся по ясно выраженнымъ эллипсамъ, описываютъ гораздо чаще такіе пути, видимая часть которыхъ обнаруживаетъ какъ разъ свойства параболъ; еще рѣже эллиптическихъ встрѣчаются гиперболическія орбиты кометъ. Такимъ образомъ a priori наименѣе вѣроятная форма въ природѣ встрѣчается всего чаще. Это требуетъ особеннаго разъясненія. Отчасти объясняется это тѣмъ, что весьма многіе эллипсы и гиперболы близки къ предѣльной величинѣ, соотвѣтствующей параболѣ. Видимую часть ихъ при нашихъ средствахъ наблюденія мы не можемъ отличить отъ соотвѣтственной части параболы.

Нашъ рисунокъ на стр. 591 можетъ нѣсколько разъяснить это обстоятельство. Если мы вообразимъ, что образующій конусъ имѣетъ неизмѣримо громадные размѣры и затѣмъ наклонимъ параболическую поверхность MO весьма незамѣтно къ MN, то уже образуется эллипсъ, но съ весьма большою осью, которую мы принимаемъ за безконечно большую; обозначенная на рисункѣ очень малая часть орбиты испытаетъ при этомъ совсѣмъ незамѣтное измѣненіе. Самое ничтожное дальнѣйшее измѣненіе наклона тотчасъ же значительно измѣнитъ длину большой оси, тогда какъ часть MO останется почти неизмѣнной. Здѣсь мы имѣемъ то же самое, что происходитъ при движеніи концовъ плечъ рычага очень неравной длины: въ то время какъ длинное плечо описываетъ очень большой путь, малое можетъ казаться совершенно неподвижнымъ, по крайней мѣрѣ, при нашихъ измѣрительныхъ средствахъ. Неизмѣримо громадное количество эллипсовъ съ весьма различными, но во всякомъ случаѣ очень большими осями, могутъ поэтому казаться намъ въ частяхъ ихъ перигелія параболами; то же самое представляютъ и многія гиперболы. Такимъ образомъ разрѣшается противорѣчіе съ теоріей, особенно если еще принять во вниманіе, что, вслѣдствіе громадности мірозданія, орбиты съ большими осями должны встрѣчаться чаще, чѣмъ орбиты малыхъ размѣровъ. Но тогда

рѣзкій скачекъ отъ сравнительно весьма малыхъ эллипсовъ періодическихъ кометъ къ очень большимъ эллипсамъ или даже гиперболамъ нуждается въ особенномъ объясненіи, которое мы дадимъ позднѣе.

Наблюденіемъ еще нельзя рѣшить, эллипсы или гиперболы на самомъ дѣлѣ кометныя орбиты. Лапласъ въ свое время на основаніи теоріи вѣроятностей высказался за то, что онѣ гиперболы, но Скіапарелли въ разсужденіяхъ великаго математика открылъ ошибку, которая привела къ результату, какъ разъ обратному дѣйствительности. Въ связи съ другими соображеніями, къ которымъ мы отчасти возвратимся, Скіапарелли, исправивъ ошибку Лапласа, пришелъ къ тому выводу, что кометы по всей вѣроятности суть части солнечной системы. Въ послѣднемъ случаѣ скорость движенія кометы по направленію къ солнцу на извѣстномъ очень большомъ, но конечномъ, разстояніи будетъ на моментъ равна нулю, именно во время прохожденія кометы черезъ афелій. Для параболы теоретически это было бы при вступленіи свѣтила въ безконечность. При гиперболическомъ пути свѣтило должно вступать уже съ нѣкоторой опредѣленной скоростью въ сферу притяженія солнца, дѣйствіе котораго будетъ прибавляться къ этой первоначальной скорости. Если бы дѣйствительно существовали такія свѣтила, проникающія къ намъ изъ міра неподвижныхъ звѣздъ, то надо думать, что они должны бы вступать въ сферу притяженія солнца со всѣми скоростями, какія удалось наблюдать на небѣ. Но это не подтверждается наблюденіями надъ скоростями въ перигеліи. Поэтому мы въ правѣ заключить, что кометы издавна составляютъ одно связное, хотя и не тѣсное цѣлое вмѣстѣ съ остальными частями солнечной системы; въ предѣлахъ этого цѣлаго онѣ постоянно движутся взадъ и впередъ отъ перигелія къ афелію, совершая громадные размахи.

Въ главѣ о космическихъ метеорахъ мы, однако, уже узнали, что существуютъ малыя тѣла, которыя иногда проносятся мимо земли, съ очень ясно выраженными гиперболическими скоростями. По крайней мѣрѣ, многіе метеориты обладаютъ такими движеніями, которыя несомнѣнно показываютъ, что они нѣкогда проникли въ солнечную систему извнѣ. Было бы въ самомъ дѣлѣ въ высшей степени странно, если бы при томъ постоянномъ взаимодѣйствіи, какое связываетъ всѣ части природы, одна солнечная система была совершенно отдѣлена отъ остального міра гранью, черезъ которую вещество не попадало бы ни въ ту, ни въ другую сторону.

Чтобы опредѣлить положеніе въ пространствѣ планетнаго эллипса или кометной параболы (на практикѣ приходится имѣть дѣло почти исключительно съ этими орбитами), нужно знать нѣкоторыя постоянныя, называемыя элементами орбиты. Для параболы достаточно пяти, для эллипса и гиперболы ихъ шесть. Прежде всего должно быть дано положеніе плоскости, въ которой лежитъ орбита, относительно нѣкоторой постоянной нормальной плоскости; такою всегда выбираютъ плоскость эклиптики. Мы уже знаемъ, что линію пересѣченія двухъ орбитъ называютъ узловой линіей. Поэтому первымъ элементомъ мы будемъ считать геліоцентрическую долготу восходящаго узла считая по эклиптикѣ. Ее обозначаютъ знакомъ Ω. Эта величина вмѣстѣ съ i, наклоненіемъ обѣихъ плоскостей, вполнѣ опредѣляетъ ихъ взаимное положеніе. Третьимъ элементомъ является положеніе, въ какомъ свѣтило достигаетъ кратчайшаго разстоянія отъ солнца, т. е. мѣсто перигелія. Эту величину обозначаютъ π; въ послѣднее время для этого берутъ большею частью величину π-Ω, т. е. угловое разстояніе перигелія, считая по самой плоскости орбиты, отъ узловой точки. При параболахъ присоединяютъ еще само кратчайшее разстояніе q и наконецъ время, когда тѣло прошло соотвѣтственную точку, т. е. время перигелія T. Для эллипсовъ вмѣсто q даютъ **a** — половину большой оси эллипса и ея

отношеніе къ разстоянію фокуса отъ центра эллипса, такъ называемый эксцентрицитетъ e. Для гиперболъ можно дать двѣ геометрически соотвѣтственныя величины, которыя мы не будемъ здѣсь опредѣлять точнѣе, такъ какъ эти случаи необычайно рѣдки.

Всѣ планеты движутся въ одномъ и томъ же направленіи по небу; но между кометами существуютъ прямыя и возвратныя. По старому способу, при кометахъ къ системѣ элементовъ присоединяютъ еще направленіе движенія. Но въ послѣднее время при такихъ орбитахъ обыкновенно принимаютъ, что онѣ какъ бы перекинуты на другую сторону относительно перпендикуляра къ плоскости эклиптики, возставленнаго изъ ея центра, т. е. что наклоненіе плоскости ихъ орбиты больше 90 градусовъ; при другихъ свѣтилахъ это невозможно по самому характеру явленія. Поэтому для кометъ съ обратнымъ движеніемъ даютъ, вмѣсто обычнаго до сихъ поръ угла наклоненія i, его дополненіе до 180°; этимъ прямо и выражается обратное движеніе. Соотвѣтственно этому долженъ измѣниться также и способъ счета величинъ Ω и π.

Изъ этихъ элементовъ очень легко вычислить для любого момента положеніе свѣтила, обращающагося вокругъ солнца, прежде всего по отношенію къ центру солнца. Но если опредѣлить далѣе изъ элементовъ земной орбиты наше собственное положеніе относительно центра системы, то можно перенести точку наблюденія съ солнца на землю и найти, въ какомъ направленіи стоитъ свѣтило относительно нашей точки наблюденія. Гораздо труднѣе представляется разрѣшеніе обратной задачи: найти элементы орбиты свѣтила изъ наблюденій, сдѣланныхъ на землѣ. Мы уже познакомились ранѣе съ тѣмъ, какимъ въ высшей степени сложнымъ путемъ дѣлалъ это Кеплеръ для планетныхъ движеній (стр. 571 и сл.). Для этого требовалось очень большое число наблюденій надъ соотвѣтственными планетами, распредѣленныхъ по всему небесному своду. Въ настоящее время математическій анализъ подвинулся значительно дальше. Мы можемъ узнать элементы орбитъ болѣе простымъ путемъ. Строго говоря, по общимъ правиламъ анализа для этого требуется всего три наблюденія надъ свѣтиломъ. Эти три мѣста на небѣ съ соотвѣтственными для нихъ тремя временами наблюденія должны быть выражены шестью уравненіями, въ которыя одновременно войдутъ шесть неизвѣстныхъ элементовъ орбиты, если дѣло касается эллипса.

Но эти шесть уравненій оказываются столь сложными, что ихъ прямое рѣшеніе до сихъ поръ еще остается недоступно математическому анализу. Приходилось прибѣгать къ непрямому способу рѣшенія, какъ это часто дѣлается въ астрономическихъ вычисленіяхъ. Дѣлали нѣкоторыя произвольныя допущенія относительно истинной величины элементовъ, вводили ихъ въ уравненія, и смотрѣли, насколько они удовлетворяютъ наблюденіямъ. Такимъ образомъ мало по малу приближались къ истинѣ. Легко понять, что это пріемъ очень сложный. Иногда вычисленія продолжались цѣлые дни и недѣли, пока, наконецъ, удавалось натолкнуться на близкія къ истинѣ значенія. Только въ концѣ прошлаго столѣтія геніальный Ольберсъ, бременскій врачъ, позднѣе сдѣлавшійся знаменитымъ астрономомъ, нашелъ пріемъ, при помощи котораго умѣлый вычислитель можетъ въ нѣсколько часовъ опредѣлить изъ трехъ наблюденій пять элементовъ кометной орбиты. Пріемъ основывается на томъ, что сначала исключаютъ всѣ неизвѣстныя, кромѣ двухъ, соотвѣтствующихъ разстояніямъ кометы отъ земли для двухъ избранныхъ наблюденій. Для этихъ разстояній дѣлаютъ допущенія. Такъ какъ разстоянія кометъ въ періодъ видимости колеблются въ сравнительно узкихъ предѣлахъ, то уже первое допущеніе не очень далеко уклоняется отъ истины. Между обоими разстояніями существуетъ опредѣленое геометрическое соотношеніе. Если первое допущеніе не удовлет-

воряетъ ему, то надо сдѣлать второе и т. д., пока не будетъ удовлетворено соотвѣтственное уравненіе. Послѣ этого элементы уже находятъ прямымъ вычисленіемъ. Для кометныхъ орбитъ три наблюденія даютъ даже лишнее условіе, такъ какъ приходится опредѣлять только пять элементовъ. Поэтому здѣсь можно сдѣлать провѣрку на примѣрѣ, которая не только покажетъ правильность вычисленія: именно, можно обратно вычислить изъ элементовъ данныя всѣхъ трехъ наблюденій. Если даже разсчетъ и былъ произведенъ вполнѣ безошибочно, то все таки не обязательно, чтобы всѣ наблюденія при повѣрочномъ вычисленіи непремѣнно были воспроизведены вполнѣ точно. Это будетъ только тогда, когда наблюденныя мѣста лежатъ, дѣйствительно, на параболѣ, а для кометъ всегда можно предполагать эту форму. Если найдено отклоненіе, то оно можетъ имѣть двѣ причины: или наблюденія не были строго точны; это, конечно, чаще всего бываетъ тогда, когда дѣло касается только что открытыхъ, часто необычайно слабо-свѣтящихся кометъ, которыхъ положенія очень трудно опредѣлить инструментомъ; или же комета движется на самомъ дѣлѣ по эллипсу, или по ясно выраженной гиперболѣ. По величинѣ найденнаго отклоненія можно рѣшить обыкновенно, въ чемъ дѣло.

Однако, если тотчасъ послѣ перваго опредѣленія орбиты обнаружится ясное отклоненіе ея отъ параболической формы, то обыкновенно не дѣлаютъ новаго вычисленія, такъ какъ первыя опредѣленія орбиты для новыхъ свѣтилъ имѣютъ цѣлью только вычислить, такъ называемыя, эфемериды. Въ эфемеридахъ дается видимое положеніе кометы для слѣдующихъ недѣль; при такихъ условіяхъ астрономъ не потеряетъ ея изъ вида даже въ случаѣ продолжительной дурной погоды. Такъ какъ всѣ три категоріи коническихъ сѣченій въ перигеліи очень сходны, то отъ замѣны одного другимъ не можетъ произойти практически грубой ошибки. Къ окончательному опредѣленію орбиты приступаютъ только послѣ того, какъ комета уже исчезла, и собраны наблюденія, сдѣланныя надъ нею по всему земному шару.

Очень кропотливую, хотя теоретически легкую, задачу составляетъ отысканіе орбиты, которая для всѣхъ сдѣланныхъ наблюденій даетъ наименьшую сумму квадратовъ ошибокъ (см. стр. 433). Съ этою цѣлью сначала очень тщательно провѣряютъ самыя наблюденія. Мѣста звѣздъ по возможности опредѣляютъ еще разъ меридіаннымъ кругомъ. Изъ прямыхъ показаній инструментовъ снова вычисляютъ наблюденія, и освобождаютъ ихъ отъ вліянія атмосферной рефракціи. Получаются видимыя прямыя восхожденія и склоненія новаго свѣтила. Ихъ нужно освободить отъ дѣйствія прецессіи и нутаціи, отнеся ихъ къ среднему положенію точки весенняго равноденствія въ началѣ даннаго года. Слѣдовательно, отъ этого положенія считаютъ всѣ углы. Затѣмъ пользуясь приблизительными разстояніями кометы, заимствованными изъ предварительной орбиты, приводятъ наблюденныя времена къ моменту выхода свѣта отъ кометы, для чего вычитаютъ изъ моментовъ наблюденія тотъ промежутокъ времени, въ теченіи котораго свѣтъ проходитъ разстояніе отъ кометы до наблюдателя (см. стр. 546). Затѣмъ выбираютъ наилучшую извѣстную до того времени орбиту, и по ея элементамъ вычисляютъ точныя мѣста кометы для соотвѣтственныхъ моментовъ и вычитаютъ ихъ изъ дѣйствительно наблюдательныхъ мѣстъ; при этомъ получаются разности между наблюденіемъ и вычисленіемъ (B—R). Ихъ группируютъ различнымъ образомъ, во-первыхъ, чтобы исключить, такъ называемыя, личныя ошибки наблюдателей, обнаруживающіяся при сопоставленіи наблюденій, произведенныхъ почти одновременно на различныхъ обсерваторіяхъ, и во-вторыхъ, чтобы имѣть основанія для оцѣнки относительной точности самыхъ измѣреній — для опредѣленія, такъ называемыхъ, вѣсовъ наблюденій, которые и вводятся въ дальнѣйшія вычисленія. Затѣмъ полученныя разности B—R (наблюден-

ныя положенія безъ вычисленныхъ), числомъ нѣсколько сотъ, соединяются въ сравнительно небольшое число группъ, приблизительно 10—12, называемыхъ **нормальными мѣстами**. Отклоненія нормальныхъ мѣстъ по прямому восхожденію (A. R.) и склоненію (D) служатъ основаніемъ для составленія такого же числа линейныхъ уравненій, каждое съ шестью неизвѣстными, которыя рѣшаются по способу наименьшихъ квадратовъ и даютъ поправки принятыхъ элементовъ; вмѣстѣ съ тѣмъ опредѣляютъ и вѣроятныя ошибки найденныхъ поправокъ. При этомъ до рѣшенія уравненій не дѣлается никакихъ предварительныхъ предположеній относительно формы коническаго сѣченія, по которому движется комета. Если эксцентриситетъ послѣ поправки окажется меньше 1, то орбита есть эллипсъ опредѣленной формы, обусловливаемой значеніями остальныхъ элементовъ; если же онъ равенъ 1, то орбита есть парабола, при $e > 1$ — гипербола.

Всѣ эти вычисленія производятся въ томъ предположеніи, что принципъ Ньютона безусловно справедливъ; свобода остается только для формы коническаго сѣченія, вытекающей изъ этого принципа. Но всѣ точнѣйшія астрономическія изслѣдованія направлены къ тому, чтобы открыть отклоненія отъ этого принципа, если они существуютъ. Поэтому провѣрку правильности нашего предположенія мы находимъ въ томъ, что остающіяся въ концѣ концевъ отклоненія B—R оказываются не больше, чѣмъ это допускается общею неточностью нашихъ методовъ наблюденія. Это, дѣйствительно, подтвердилось для всѣхъ изслѣдованныхъ до сихъ поръ кометъ, за исключеніемъ тѣхъ немногихъ случаевъ, которыхъ мы уже касались въ первой части книги (стр. 224 и сл.). Кометы слѣдуютъ ньютоновой орбитѣ даже съ большею точностью, чѣмъ это иногда желательно для насъ. Какъ мы уже говорили въ свое время, для насъ остается непонятнымъ, почему кометы, которыя почти касались поверхности солнца, совершенно не измѣняли своихъ орбитъ. По нашему мнѣнію, здѣсь должно обязательно происходить какое то замѣчательное уравниваніе двухъ противоположныхъ дѣйствій, изъ которыхъ отталкивающая электрическая сила солнца дѣйствуетъ такъ же точно, какъ и ньютонова сила тяготѣнія, только въ противоположномъ смыслѣ.

До сихъ поръ всѣ движенія небесныхъ свѣтилъ мы разсматривали такъ, какъ будто существуютъ только два свѣтила: одно движущее, другое движимое. Но это не соотвѣтствуетъ ни дѣйствительности, ни началу Ньютона, которое гласитъ, что каждая молекула притягиваетъ каждую другую молекулу въ пространствѣ. Если съ одной стороны земля притягивается солнцемъ и описываетъ свою орбиту, то и солнце въ свою очередь должно отъ дѣйствія земли описывать орбиту по принципу Ньютона, а также **земля, солнце и всѣ остальныя планеты должны оказывать дѣйствіе другъ на друга**. Слѣдовательно, если справедливо начало Ньютона, то найденныя выше описаннымъ способомъ мѣста кометъ и планетъ не могутъ вообще согласоваться съ дѣйствительностью; это подтверждается и на самомъ дѣлѣ. Въ движеніяхъ всѣхъ небесныхъ свѣтилъ наблюдаются такъ называемыя **возмущенія**; нѣкоторыя изъ нихъ мы изучили на лунѣ. Если же отклоненія, необходимыя теоретически, въ дѣйствительности оказываются очень незначительными, то причина здѣсь та, что въ нашей системѣ масса солнца далеко преобладаетъ надъ массами всѣхъ остальныхъ свѣтилъ. Возьмемъ, напр., систему „солнце и земля“ и обозначимъ массу солнца M, массу земли m, ихъ взаимное разстояніе r, тогда по закону Ньютона, мы найдемъ, что дѣйствіе притяженія, производимое солнцемъ на землю, равно $M:r^2$; дѣйствіе, производимое притяженіемъ земли на солнце, равно $m:r^2$. Такъ какъ оба притяженія стремятся уменьшить радіусъ, то мы должны сложить оба эти уравненія, чтобы получить общее дѣйствіе. Поступая правильно, мы не можемъ примѣнять для

вычисленія движенія земли выраженіе $M:r^2$, какъ дѣлали до сихъ поръ, но должны замѣнить его выраженіемъ $(M+m):r^2$. На стр. 583 мы уже нашли величину M=327800, къ ней надо прибавить только еще единицу, чтобы ввести въ разсчетъ дѣйствіе земли. Но теперь, когда въ вычисленіе движенія введена также и масса приводимаго въ движеніе тѣла, третій законъ Кеплера оказывается не вполнѣ вѣрнымъ. Квадраты временъ обращенія будутъ относиться не вполнѣ, какъ кубы большихъ полуосей, такъ какъ для каждой планеты войдетъ еще особая величина, выражающая ея массу. Легко найти, что вмѣсто простой формулы, какую даетъ законъ, зависимость между среднею скоростью v планеты и ея разстояніемъ отъ солнца a выразится такъ: $a = \sqrt[3]{\frac{k^2(1+m)}{v^2}}$, гдѣ k есть постоянная, примѣнимая ко всей солнечной системѣ и содержащая соотвѣтственное отношеніе для земной орбиты. По имени ея вычислителя, великаго математика и астронома Гауса, (см. портретъ на стр. 598) ее назвали постоянной Гаусса. Она выражается такимъ отношеніемь: $k = \frac{v\, a^{3/2}}{\sqrt{1+m}} = 3548{,}188''$. Здѣсь v выражено въ дуговыхъ секундахъ для средняго солнечнаго дня, a — въ солнечныхъ разстояніяхъ, т. е. для вычисленія k полагаютъ a равнымъ 1, m въ частяхъ массы солнца.

Если эта необходимая поправка очень мала для земли, вслѣдствіе незначительной массы послѣдней, то она становится очень значительной для большихъ планетъ, въ особенности для Юпитера и Сатурна. Сдѣлаемъ вычисленіе для Юпитера, сначала прямо по закону Кеплера, а во второй разъ примемъ въ разсчетъ массу Юпитера, которая изъ движенія его спутниковъ опредѣляется въ 1048 разъ меньше массы солнца, и возьмемъ для v 299,129″, очень точно опредѣленную величину. Тогда разница для разстоянія Юпитера отъ солнца окажется равною 0,0016 частямъ астрономической единицы. Это отклоненіе всетаки еще очень мало, чтобы его можно было замѣтить на практикѣ при современномъ состояніи нашего наблюдательнаго искусства и математическаго анализа. Но во всякомъ случаѣ надо помнить, что третій законъ Кеплера даетъ только приближеніе къ истиннымъ отношеніямъ. Для нашей системы это приближеніе велико, только благодаря сильному преобладанію солнечной массы.

Вслѣдствіе вліянія планетъ на солнце, оно также должно двигаться относительно ихъ: оно описываетъ путь вокругъ общаго центра тяжести системы. Но такъ какъ вслѣдствіе непрерывнаго измѣненія въ положеніи планетъ этотъ центръ со своей стороны перемѣщается, то путь солнца очень запутанъ. Его вычисленіе представляетъ задачу теоріи возмущеній, которой мы теперь должны заняться.

Если сравнительно легко выяснить взаимодѣйствіе двухъ тѣлъ, то задача становится необычайно трудной, какъ только мы присоединимъ еще третье тѣло. Задача о трехъ тѣлахъ теоретически въ общемъ случаѣ еще не разрѣшена. Мы не знаемъ, по какой кривой будетъ двигаться тѣло, на которое по Ньютонову закону притяженія дѣйствуютъ одновременно два другихъ тѣла. Мы можемъ даже легко составить соотвѣтственныя уравненія, но ихъ рѣшеніе до сихъ поръ не поддается анализу. Поэтому здѣсь намъ приходится прибѣгать къ непрямому пути и въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ при помощи пробъ отыскивать приближенно соотвѣтственную кривую. Къ счастію, въ солнечной системѣ условія благопріятны въ томъ отношеніи, что большія планеты обращаются вокругъ солнца на сравнительно большихъ разстояніяхъ. Частное притяженіе, какое одна планета оказываетъ на другую, измѣряется само собой понятно, такъ же, какъ и главное притяженіе, выраженіемъ $m:\varrho^2$, гдѣ ϱ есть взаимное разстояніе обѣихъ планетъ. Такъ какъ оно никогда не мо-

жетъ быть мало, то и взаимодѣйствіе планетъ всегда остается незначительнымъ.

Мы можемъ легко составить себѣ объ этомъ довольно правильное представленіе, опредѣливъ максимальную величину возмущенія, производимаго Юпитеромъ на сосѣднюю съ нимъ планету Марсъ. Положимъ, что солнце, Марсъ и Юпитеръ находятся на одной прямой линіи, и Марсъ занимаетъ среднее положеніе; тогда взаимное разстояніе обѣихъ планетъ будетъ равно разности ихъ среднихъ разстояній отъ солнца, т. е. 5,203—1,524 = 3,679. Дѣйствіе Юпитера на Марсъ выразится $\frac{1}{1048 \times 3{,}68 \times 3{,}68} = \frac{1}{14\,190}$. Дѣйствіе же солнца на Марсъ равно $\frac{1}{1{,}524 \times 1{,}524} = \frac{1}{2{,}323}$. Раздѣляя эти величины другъ на друга, найдемъ, что дѣйствіе Юпитера на Марсъ въ наибольшемъ случаѣ, всетаки, въ 6110 разъ меньше дѣйствія солнца. Тѣмъ не менѣе это дѣйствіе при той точности, съ какой мы теперь изслѣдуемъ небесныя движенія нельзя не принимать въ соображеніе. Къ сожалѣнію, при числовыхъ разсчетахъ это сильно удлиняетъ вычислительныя работы, вслѣдствіе несовершенства математическаго анализа. Здѣсь опять таки приходится идти только путемъ приближеній. Чтобы найти дѣйствіе силы притяженія, нужно знать истинныя разстоянія планетъ другъ отъ друга, а также ихъ дѣйствительныя массы. Разстоянія же мы можемъ вычислить только съ помощью Ньютонова закона, оставляя въ сторонѣ возмущающія дѣйствія другихъ планетъ. Чисто геометрическимъ путемъ, напр., параллактическимъ измѣреніемъ, какъ мы знаемъ, нельзя точно опредѣлить этихъ разстояній. Найденныя нами разстоянія, слѣдовательно, будутъ только приблизительныя. Если мы воспользуемся ими для вычисленія возмущеній, то опредѣлимъ послѣднія несомнѣнно ошибочно: ибо массу планеты, производящей возмущеніе, мы можемъ точно вычислить изъ наблюденій только при томъ условіи, если знаемъ точно разстоянія. Но такъ какъ вліяніе ошибки въ допущенномъ нами разстояніи при вычисленіи возмущеній очень сильно уменьшается, то при подобномъ методѣ можно быть увѣреннымъ, что, повторивъ много разъ соотвѣтственное вычисленіе, мы получимъ истинную величину. Мы уже не разъ встрѣчали подобные



Карлъ Фридрихъ Гауссъ, род. въ Брауншвейгѣ въ 1777 г., ум. въ Гёттингенѣ въ 1855 г. Съ портрета, писаннаго К. Іенсеномъ.

косвенные пути, которыми въ большинствѣ случаевъ астроному вычислителю рядомъ непрерывныхъ приближенiй приходится идти къ своей цѣли.

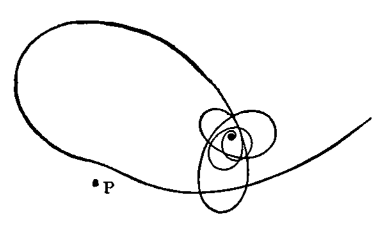
Слѣдствiемъ притяженiй третьяго тѣла является движенiе линiи апсидъ и узловой линiи, которое можно наблюдать у всѣхъ свѣтилъ солнечной системы совершенно такъ, какъ мы изучили ихъ на солнцѣ и лунѣ. Вычисленiе соотношенiя между причиной и дѣйствiемъ въ этомъ случаѣ есть наиболѣе сложная задача анализа. Лапласъ первый (см. прилагаемый портретъ) въ своей знаменитой „Mécanique céleste" вывелъ всѣ слѣдствiя, математически вытекающiя изъ Ньютонова закона, и въ особенности основательно развилъ теорiю возмущенiй. За нимъ слѣдовали Гаусъ (см. портр. на стр. 598), Ганзенъ, Гильденъ (Gyldén) и въ послѣднее время генiальный Тиссеранъ, недавно умершiй директоръ парижской обсерваторiи. Очень интересный опытъ, произведенный въ берлинской обсерваторiи Уранiи, наглядно показываетъ, въ чемъ состоитъ соотвѣтственное дѣйствiе. Обточенный въ видѣ полушарiя полюсъ электромагнита, имѣющаго форму стержня, помѣщается подъ стеклянной пластинкой. Если мы заставимъ маленькiй стальной шарикъ, вымазанный тушью, катиться по пластинкѣ съ опредѣленной начальной скоростью и въ опредѣленномъ направленiи, то шарикъ оставитъ на плоскости слѣды, которые, смотря по начальной скорости, будутъ представлять фигуры эллипса, параболы или гиперболы. Въ большинствѣ случаевъ, однако, эти кривыя, вслѣдствiе тренiя шарика о стекло, вскорѣ переходятъ въ спирали, которыя становятся все уже и уже, пока шарикъ не остановится надъ магнитомъ. Если на стеклянный дискъ положить болѣе слабый магнитъ P такъ, чтобы шарикъ проходилъ вблизи одного изъ его полюсовъ, тогда слѣдующiе другъ за другомъ эллиптическiе отрѣзки спирали обнаруживаютъ очень сильныя измѣненiя въ положенiи большой оси (см. рис. на стр. 600). Такiя правильно происходящiя возмущенiя, подъ влiянiемъ которыхъ долгота перигелiя и узла очень медленно, но равномѣрно, перемѣщается по орбитѣ, и можетъ въ теченiи тысячелѣтiй принимать любое значенiе отъ 0 до 360 градусовъ, называютъ вѣковыми неравенствами элементовъ, въ противоположность ранѣе упомянутымъ пе-



Пьеръ Симонъ Лапласъ, род. въ Beaumont-en-Auge въ 1749 г., ум. въ Парижѣ въ 1827 г. Съ франц. гравюры.

рiодическимъ неравенствамъ, которыя одна планета вызываетъ, какъ бы мимоходомъ, въ другой при ихъ взаимномъ приближенiи. Въ дѣйствительности, однако, вѣковыя неравенства представляютъ только суммированiе перiодическихъ.

Особенно важно знать нѣкоторыя общiя свойства возмущенiй для выясненiя вопросовъ, которые касаются прошедшаго и будущаго нашей системы. Относящiяся сюда изслѣдованiя принадлежатъ къ высшимъ задачамъ небесной механики. Главные результаты ихъ можно представить въ трехъ положенiяхъ. Первое, которое касается равномѣрнаго поступательнаго движенiя перигелiя и узловъ, уже указано выше. Второе положенiе гласитъ, что эксцентриситеты и наклоненiе орбитъ также испытываютъ возмущенiя, которыя, однако, колеблются въ извѣстныхъ тѣсныхъ предѣлахъ, такъ что орбита съ малымъ экцентриситетомъ никогда не можетъ обратиться въ сильно эллиптическую; точно также наклоненiя планетныхъ орбитъ, которыя въ настоящее время группируются въ предѣлахъ немногихъ градусовъ около эклиптики, не могутъ никогда измѣниться значительно. Наконецъ третье положенiе гласитъ, что большiя полуоси, а слѣдовательно и среднiя движенiя планетъ, не испытываютъ вѣковыхъ возмущенiй.



Движенiе стального шарика подъ влiянiемъ двухъ магнитомъ.

Оба послѣднiя положенiя, несомнѣнно, очень важны для сохраненiя порядка въ нашей системѣ. Разсматривая ранѣе зависимость климатовъ земли отъ положенiя солнца, мы узнали, какую громадную роль играетъ въ этомъ вопросѣ эксцентриситетъ и наклоненiе эклиптики (см. стр. 499). Если бы оба элемента были подвержены сильнымъ колебанiямъ, то непрерывное развитiе жизни въ послѣдовательныя геологическiя эпохи было бы невозможно. Уже весьма незначительная разница въ климатѣ, между южнымъ и сѣвернымъ полушарiями, которая происходитъ отъ медленнаго перемѣщенiя перигелiя земной орбиты, и которой, вѣроятно, надо приписать причину ледяныхъ эпохъ, могла вызывать, какъ мы видѣли, рѣзкiе перерывы въ ходѣ развитiя земной природы, И вотъ теорiя небесныхъ движенiй даетъ намъ успокоительное ручательство, что, пока въ порядокъ солнечной системы не вторглись совершенно неизвѣстныя намъ силы, онъ не можетъ быть нарушенъ. Еще важнѣе второго положенiя, третье о неизмѣнности среднихъ разстоянiй. Если бы они были подвержены какому нибудь правильному воздѣйствiю, то, по самой природѣ вещей, послѣднее должно было бы влiять постоянно въ одномъ и томъ же смыслѣ; поэтому разстоянiя планетъ отъ солнца непрерывно увеличивались бы или уменьшались. Въ первомъ случаѣ планеты въ концѣ концовъ очутились бы въ холодномъ темномъ мiровомъ пространствѣ, во второмъ онѣ упали бы на раскаленное солнце, если бы только до этого онѣ не столкнулись между собою. По несомнѣнному свидѣтельству теорiи это невозможно, пока Ньютоновъ законъ одинъ управляетъ ихъ движенiями. Планеты раздѣлены огромными пространствами, которыя навсегда раздѣляютъ ихъ другъ отъ друга ко всеобщему ихъ благу.

Неизмѣнность среднихъ разстоянiй теоретически связана съ однимъ условiемъ, которое, по скольку мы можемъ это понять, выполнено въ солнечной системѣ совершенно случайно: именно, планеты имѣютъ такiя времена обращенiя, отношенiя между которыми не могутъ быть выражены малыми цѣлыми числами; такъ напр., одна планета не имѣетъ ровно вдвое или втрое бóльшаго время обращенiя, чѣмъ другая, или, какъ гласитъ

спеціальное выраженіе: времена обращенія несоизмѣримы. Если хотя приблизительно возникнетъ подобное отношеніе, то наступаютъ возмущенія съ весьма длинными періодами, которыя могутъ быть разсматриваемы какъ вѣковыя; въ результатѣ этихъ возмущеній могутъ получиться значительныя сближенія планетъ. Легко убѣдиться, что такія дѣйствія на самомъ дѣлѣ должны наступить. Напр., если одна планета движется вдвое скорѣе другой, то правильно послѣ двухъ оборотовъ одной и одного оборота другой разстоянія обѣихъ планетъ другъ отъ друга при одномъ и томъ же направленіи будутъ опять тѣ же самыя. Возмущенія $m : \varrho^2$ въ теченіе этого періода будутъ имѣть всегда одинаковую величину и одно и то же направленіе. Пусть напр., во время кратчайшаго разстоянія обѣихъ планетъ, планета, производящая возмущеніе, будетъ внѣшней, испытывающая возмущеніе, движущаяся вдвое скорѣе, внутренней, и пусть обѣ описываютъ первоначально круговыя орбиты. Возмущеніе во время соединенія приближаетъ внутреннюю планету къ внѣшней, и послѣдняя, очевидно, будетъ смѣщена со своей круговой орбиты такимъ образомъ, что въ этомъ мѣстѣ она будетъ имѣть наибольшее разстояніе отъ солнца, перигелій же будетъ отстоять отъ точки соединенія на 180°. Послѣ одного оборота внутренней планеты внѣшняя будетъ находиться какъ разъ въ направленіи перигелія первой, тогда какъ эта уже опять достигнетъ афелія. Теперь планета, производящая возмущеніе, будетъ дѣйствовать въ обратномъ смыслѣ, чѣмъ раньше, но за то испытывающая возмущеніе будетъ находиться дальше отъ нея на полный поперечникъ своей орбиты, поэтому и дѣйствіе будетъ менѣе значительно. Планета, испытывающая возмущеніе, сохранитъ направленіе перигелія, и только эксцентриситетъ ея нѣсколько уменьшится.

То же самое одинаково происходитъ при каждомъ обращеніи: эксцентриситетъ свѣтила, испытывающаго возмущеніе, будетъ непрерывно возрастать, пока оба свѣтила не столкнутся въ точкѣ соединенія. Здѣсь мы не можемъ выводить, какимъ образомъ эти слагающіяся дѣйствія вліяютъ на среднее разстояніе. Достаточно указать на возмущающее дѣйствіе подобныхъ соединеній двухъ планетъ, правильно возвращающихся къ одной и той же геліоцентрической долготѣ. Если же соединенія происходятъ въ различныхъ направленіяхъ съ точки зрѣнія положенія солнца, и каждая точка соотвѣтственныхъ орбитъ въ теченіе извѣстнаго цикла можетъ испытать такое же воздѣйствіе, какое мы нашли для опредѣленной отдѣльной точки, то увеличеніе эксцентриситета совершается послѣдовательно по всей орбитѣ, т. е. линія апсидъ медленно перемѣщается по всему кругу, какъ это должно быть по первому положенію теоріи возмущеній. Напротивъ того, суммированія дѣйствій въ опредѣленномъ направленіи происходить не можетъ.

Впрочемъ двѣ самыя большія планеты нашей системы, Юпитеръ и Сатурнъ, представляютъ приблизительно какъ разъ подобное критическое отношеніе. Двойное время обращенія Сатурна почти равно пятикратному времени обращенія Юпитера. Въ первомъ случаѣ мы получаемъ 21518 дней, во второмъ 21663 дня; разница въ 145 дней мала сравнительно со всѣмъ періодомъ. Поэтому между обѣими громадными планетами періодически правильно происходятъ сближенія, которыя иногда достигаютъ довольно большой величины, но черезъ каждые 283,3 года уравновѣшиваются столь же большимъ увеличеніемъ взаимнаго разстоянія.

Въ широкомъ кольцѣ между Марсомъ и Юпитеромъ, наполненномъ малыми планетами, существуетъ нѣсколько областей, разстояніе которыхъ отъ солнца таково, что, если бы въ нихъ находились свѣтила, то, по закону Ньютона, они обладали бы временемъ обращенія, соизмѣримымъ съ временемъ обращенія Юпитера. И притомъ отношеніе между соотвѣтственными временами обращенія оказывается такимъ, что возмуще-

нія должны непрерывно суммироваться. И мы находимъ блестящее подтвержденіе развитой нами теоріи въ томъ, что здѣсь, какъ впервые показалъ Кирквудъ, существуютъ очень рѣзко обнаруженные пробѣлы. Такъ какъ распредѣленіе малыхъ планетъ въ этомъ кольцѣ, повидимому, вообще не подчинено никакому закону, то эти пустые промежутки мы можемъ объяснить только тѣмъ, что первоначально находившіяся здѣсь малыя планеты были вытѣснены изъ этихъ областей возмущающими дѣйствіями Юпитера, причемъ ихъ среднее разстояніе постепенно измѣнялось соотвѣтственнымъ образомъ.

Особенно бросается въ глаза такое возмущающее дѣйствіе въ кольцахъ Сатурна. Автору этой книги удалось простымъ вычисленіемъ показать, что разграничительныя линіи и извѣстныя щели колецъ находятся на такихъ разстояніяхъ отъ центра Сатурна, на какихъ должны суммироваться возмущающія вліянія спутниковъ Сатурна на обращающіяся въ кольцахъ тѣла. Вычисленіе дало кромѣ того для нѣкотораго разстоянія такую сумму дѣйствій, которая хотя и меньше суммы дѣйствій, сконцентрированныхъ на извѣстныхъ уже раздѣлительныхъ (темныхъ) линіяхъ, однако представляется достаточно большой. Поэтому можно было надѣяться при извѣстныхъ условіяхъ замѣтить и здѣсь подобное же раздѣленіе. Дѣйствительно, Хольденъ на этомъ мѣстѣ увидѣлъ впослѣдствіи линію раздѣленія. Если бы иныя обстоятельства не заставили уже допустить, что кольца Сатурна состоятъ изъ безчисленнаго количества мельчайшихъ тѣлъ, которыя, согласно Ньютонову закону, движутся, какъ спутники вокругъ своего главнаго свѣтила, то только что выясненный характеръ линій раздѣленія служилъ бы этому достовѣрнымъ доказательствомъ. Доказывается это также эксцентрическимъ положеніемъ щели Энке (см. стр. 181). Это поперемѣнно наблюдалось какъ съ той, такъ и съ другой стороны кольца. Перисатурніи (т. е. точки наибольшей близости къ Сатурну) соотвѣтственныхъ системъ орбитъ спутниковъ, благодаря большимъ внѣшнимъ спутникамъ, подвержены вѣковымъ возмущеніямъ, подъ вліяніемъ которыхъ линіи апсидъ всей системы, прилегающей къ щели Энке, движутся вокругъ Сатурна почти съ равномѣрною скоростью.

Предыдущія соображенія о неизмѣнности большихъ полуосей планетныхъ орбитъ и о значеніи соизмѣримости временъ обращенія основываются на изслѣдованіяхъ Лапласа. Новыя, болѣе подробныя изслѣдованія Гильдена, Пуанкаре, Зелигера и другихъ колеблютъ, однако, полную примѣнимость этого закона. Впрочемъ для нашихъ разсужденій это имѣетъ малое практическое значеніе, такъ какъ въ худшемъ случаѣ непрерывныя измѣненія даннаго элемента орбиты такъ малы, что выясненное отношеніе, несомнѣнно, существуетъ. Съ другой стороны мы увидимъ, что взаимныя разстоянія планетъ должны постоянно мѣняться отъ другихъ причинъ, такъ что, оставляя даже въ сторонѣ чисто теоретическія изслѣдованія, можно сказать, что полная устойчивость планетной системы оказывается невозможной. Мы возвратимся еще къ этому въ послѣдней главѣ.

Совершенно иныя отношенія, чѣмъ для планетъ, представляются при вычисленіи возмущенія кометныхъ орбитъ. Мы знаемъ, что эти свѣтила проникаютъ въ планетное пространство изъ всѣхъ областей мірозданія, и никакой законъ не мѣшаетъ имъ приблизиться на любое разстояніе къ какому нибудь постоянному свѣтилу нашей системы. Поэтому возмущенія могутъ здѣсь принимать какія угодно величины. Въ главѣ о кометахъ мы уже видѣли, что нѣкоторыя изъ нихъ настолько приближались, напр., къ Юпитеру, что его притяженіе совершенно измѣняло ихъ орбиту. Комета Лекселя (см. стр. 228) прошла черезъ самую средину системы спутниковъ Юпитера, и вслѣдствіе этого вынуждена была стянуть свою орбиту въ узкій эллипсъ, который позднѣе, при слѣдующей встрѣчѣ ко-

меты съ системой Юпитера опять измѣнился настолько, что комета навсегда исчезла изъ нашей системы. Всѣ 17 періодическихъ кометъ, извѣстныхъ въ настоящее время, обязаны своими сравнительно небольшими эллипсами особенно сильнымъ возмущеніямъ, которыя онѣ испытали при приближеніи къ какой либо планетѣ. Въ большинствѣ случаевъ, производя разсчетъ въ прошлое, мы можемъ узнать не только, какой планетой произведено возмущеніе, но также и опредѣлить то мѣсто, гдѣ оно произошло, и время сближенія свѣтилъ. Тотъ фактъ, что орбиты этихъ періодическихъ кометъ всѣ имѣютъ сравнительно незначительное наклоненіе къ эклиптикѣ и, за единственнымъ исключеніемъ кометы Галлея, имѣютъ прямое движеніе, объясняется этимъ именно отношеніемъ ихъ къ планетамъ. Теорія возмущеній показываетъ, что свѣтила съ обратнымъ движеніемъ въ какой бы то ни было системѣ не могутъ существовать вѣчно, такъ какъ для нихъ во всякомъ случаѣ возмущенія суммируются, хотя бы и не существовало „соизмѣримыхъ" временъ обращенія. Слѣдовательно, тотъ фактъ, что всѣ планеты обращаются вокругъ солнца въ одномъ и томъ же направленіи, не есть случайность, но необходимость, вытекающая изъ принципа Ньютона. Кометы съ обратнымъ движеніемъ всѣ движутся по приблизительно параболическимъ орбитамъ, на которыхъ онѣ только разъ въ тысячелѣтіе возвращаются къ солнцу. Возмущенія, которыя онѣ испытываютъ въ теченіе очень короткаго времени близости къ солнцу, измѣняютъ ихъ орбиты всякій разъ только на незначительную величину.

Итакъ, возмущенія могутъ превращать первоначальныя параболическія скорости нѣкоторыхъ кометъ въ эллиптическія. Въ такомъ случаѣ эти свѣтила остаются въ нашей системѣ и привлекаютъ тогда нашъ особенный интересъ. Но понятно, что въ данномъ случаѣ возмущенія могутъ дѣйствовать и въ обратномъ смыслѣ, обращая первоначальныя параболическія орбиты въ гиперболы. Въ послѣднемъ случаѣ свѣтила будутъ навсегда выброшены изъ солнечной системы. Напр. если комета, приближаясь къ солнцу, проходитъ мимо Юпитера и притомъ со стороны противоположной солнцу, то сила притяженія Юпитера прибавляется къ силѣ притяженія солнца, скорость кометы увеличивается, путь изъ параболическаго становится гиперболическимъ. Если же прохожденіе совершается между солнцемъ и Юпитеромъ, то послѣдній уменьшаетъ скорость кометы по направленію къ солнцу, и движеніе изъ параболическаго становится эллиптическимъ. Впрочемъ, немногія извѣстныя намъ гиперболическія кометы не могли пріобрѣсти этихъ скоростей вслѣдствіе подобнаго вліянія, такъ какъ ихъ орбиты не приближаются достаточно ни къ одной планетной орбитѣ, чтобы можно было ждать такихъ возмущеній. Поэтому наше убѣжденіе, что эти немногочисленныя кометы, какъ и метеоры, попали въ сферу солнечнаго притяженія извнѣ по гиперболическимъ путямъ, имѣетъ полное основаніе.

Чтобы разсмотрѣть всѣ слѣдствія закона притяженія, какія можно сдѣлать изъ движенія небесныхъ свѣтилъ, мы должны еще узнать, какое дѣйствіе оказываютъ со своей стороны кометы, при большомъ приближеніи, на планеты или на ихъ спутники: ибо намъ извѣстно, что сила притяженія всегда дѣйствуетъ взаимно. Но уже въ главѣ о кометахъ мы указали, что подобнаго дѣйствія кометъ на постоянныя свѣтила солнечной системы не замѣчается, какъ бы близко онѣ къ нимъ ни подходили. Поэтому можно сдѣлать обратное заключеніе, что масса кометъ, пропорціональная ихъ дѣйствію, несмотря на громадныя пространства, какія она занимаетъ, должна быть необычайно мала.

Нельзя считать. однако, кометъ единственными свѣтилами, которыя могутъ проникать въ солнечную систему извнѣ. При описаніи главнѣйшихъ формъ туманностей мы видѣли, что особенности нѣкоторыхъ изъ

нихъ можно объяснить не иначе, какъ проникновенiемъ въ туманность посторонней массы. Также точно въ главѣ о новыхъ звѣздахъ для объясненiя нѣкоторыхъ явленiй намъ пришлось допустить внезапное проникновенiе въ систему посторонняго тѣла. Мы скоро увидимъ, что всѣ такъ называемыя неподвижныя звѣзды совершаютъ собственныя движенiя, при которыхъ звѣзда иной разъ, хотя и рѣдко, можетъ такъ близко подойти къ другой, что окажетъ на спутникъ послѣдней дѣйствiе, которое нарушитъ постоянство системы. Въ послѣднее время В. Эбертъ теоретически изслѣдовалъ вопросъ, что́ произойдетъ, если постороннее солнце проникнетъ въ область нашей планетной системы. Какъ и можно было предвидѣть, результатъ этого изслѣдованiя оказывается таковъ, что планеты отнесутся къ новому свѣтилу совершенно такъ же, какъ кометы относятся къ планетамъ. При извѣстныхъ разстоянiяхъ планета, подъ влiянiемъ притяженiя вторгнувшагося солнца, можетъ быть совершенно вырвана изъ своей системы; тогда она устремится по гиперболической орбитѣ въ мiровое пространство, не слѣдуя въ своемъ пути ни за тѣмъ, ни за другимъ солнцемъ. На нашей планетѣ это повлекло бы за собой, конечно, гибель всего живого. При иномъ взаимномъ положенiи свѣтилъ прежняя почти круговая орбита планеты можетъ обратиться, смотря по условiямъ, даже въ очень эксцентрическiй эллипсъ. Возможно, что извѣстныя весьма эксцентрическiя орбиты двойныхъ звѣздъ произошли именно такимъ образомъ. Если же собственное движенiе посторонняго солнца будетъ такъ велико, какъ свидѣтельствуютъ наблюденiя, то дѣйствiе возмущенiя будетъ скоропреходяще и ограничится довольно узкою сферою. При томъ случаѣ, которой имѣлъ въ виду Эбертъ, именно, при которомъ одна планета на разстоянiи, равномъ 1,20 солнечнаго разстоянiя, была бы совершенно вырвана изъ системы, возмущенiя на другой планетѣ съ разстоянiемъ въ 0,72 сказались бы увеличенiемъ времени обращенiя съ 223 дней до 230 и превратили бы круговую орбиту послѣдней въ эллипсъ съ эксцентриситетомъ въ 0,183.

Приближенiе такой катастрофы, вторженiя второго солнца въ нашу систему можно было бы впрочемъ предсказать при современномъ положенiи астрономическаго измѣрительнаго искусства за тысячу лѣтъ впередъ, даже если бы такое солнце принадлежало къ потухшимъ свѣтиламъ. Ибо вѣковыя неравенства планетныхъ орбитъ должны замѣтно измѣняться отъ непрерывнаго дѣйствiя приближающагося къ намъ посторонняго свѣтила, даже и весьма отдаленнаго. Рѣшенiе этого вопроса на основанiи закона Ньютона было бы весьма благодарной задачей. До сихъ поръ въ этомъ отношенiи еще ничего не сдѣлано.

Пожалуй, самое блестящее подтвержденiе законъ тяготѣнiя нашелъ въ теоретическомъ открытiи самой отдаленной планеты нашей системы, Нептуна. Какъ извѣстно, существованiе этой планеты было выведено изъ невозможности объяснить движенiя сосѣдней къ Нептуну, ближайшей къ намъ планеты (Урана) притяженiемъ солнца и остальныхъ планетъ. Здѣсь найдено было отклоненiе отъ закона Ньютона, которое въ концѣ концовъ обратилось въ его торжество. Уранъ, эта капризная планета, какъ мы знаемъ, былъ открытъ Гершелемъ только въ 1781 году.

Его движенiе было затѣмъ изслѣдовано очень точно, но оказалось, что прежнихъ и новыхъ наблюденiй нельзя было подвести подъ одну и ту же эллиптическую орбиту, измѣняющуюся только подъ влiянiемъ возмущенiй, производимыхъ внутренними планетами, лежащими по сю сторону Урана. Эти отклоненiя въ 1830 г. возрасли уже до 15—20″ и было высказано подозрѣнiе, что различiя между вычисленiемъ и наблюденiемъ зависятъ, вѣроятно, отъ свѣтила, находящагося за Ураномъ. Въ 1840 г. это предположенiе въ умѣ Бесселя обратилось въ увѣренность. Онъ пророчески писалъ тогда Александру Гумбольдту, что придетъ время, когда загадка

Урана будетъ разрѣшена открытіемъ какой нибудь новой планеты. Спустя нѣсколько лѣтъ, Медлеръ въ своей популярной астрономіи писалъ: „Если бы мы имѣли очень точныя наблюденія надъ Сатурномъ за длинный рядъ лѣтъ, то было бы возможно аналитическими комбинаціями теоретически открыть Уранъ прежде, чѣмъ онъ былъ открытъ Гершелемъ. Не трудно перенести это заключеніе съ Сатурна на Уранъ черезъ одну планету и сдѣлать выводъ о существованіи планеты, движущейся за Ураномъ и производящей возмущенія въ его движеніи. Можно выразить надежду, что анализъ когда нибудь отпразднуетъ здѣсь свое величайшее торжество, и человѣкъ своими духовными очами сдѣлаетъ открытія въ тѣхъ областяхъ, куда еще не могли проникнуть его тѣлесные взоры“.

Открытіе новой планеты такимъ образомъ, можно сказать, висѣло уже въ воздухѣ. Поэтому нѣтъ ничего удивительнаго, что въ срединѣ сороковыхъ годовъ два теоретика одновременно и независимо другъ отъ друга подошли къ одной и той же очень трудной задачѣ: изъ практически найденныхъ очень незначительныхъ величинъ возмущенія вывести элементы и мѣсто возмущающаго свѣтила. Это были Адамсъ въ Кэмбриджѣ (Англія) и Леверье въ Парижѣ. Изъ предыдущаго легко понять, что разности B—R безъ особаго допущенія можно объяснить безконечнымъ количествомъ системъ элементовъ, такъ какъ коеффиціентъ возмущенія $m:\varrho^2$ будетъ имѣть опредѣленную величину для любого m при соотвѣтственномъ ϱ и наоборотъ; возмущающее свѣтило можетъ находиться или на очень большомъ разстояніи и обладать большой массой или же стоять очень близко и имѣть малую массу. Одну изъ этихъ обѣихъ величинъ по необходимости надо выбрать произвольно. Эту величину давалъ прямо такъ называемый законъ Боде-Тиціуса о среднихъ разстояніяхъ планетъ, о которомъ мы уже говорили въ главѣ о малыхъ планетахъ. Законъ замѣчательно хорошо подтверждался разстояніями извѣстныхъ до тѣхъ поръ планетъ, хотя и нельзя вывести необходимости его существованія изъ извѣстныхъ законовъ природы. Для искомой неизвѣстной планеты онъ давалъ разстояніе, равное $0{,}4 + 2^7 \times 0{,}3 = 38{,}8$ единицамъ солнечнаго разстоянія. Леверье однако ввелъ въ свои вычисленія только 36 такихъ единицъ, какъ среднее разстояніе новой планеты. Преобразовавъ въ цѣляхъ этой новой своеобразной задачи соотвѣтственнымъ образомъ извѣстныя формулы возмущенія, Леверье взялъ болѣе 300 отклоненій наблюденныхъ мѣстъ Урана отъ вычисленныхъ, и составилъ 33 условныхъ уравненія, изъ которыхъ вывелъ элементы неизвѣстной планетной орбиты по методу наименьшихъ квадратовъ. Пришлось имѣть дѣло съ пятью неизвѣстными. Онъ пренебрегъ наклоненіемъ орбиты новой планеты, которое, какъ наклоненія всѣхъ остальныхъ планетныхъ орбитъ, должно быть очень незначительно. Съ другой стороны онъ долженъ былъ принять за неизвѣстное массу планеты, которую обыкновенно въ началѣ при выводѣ элементовъ оставляютъ безъ вниманія. Онъ нашелъ послѣднюю въ 9322 раза меньше массы солнца. Допустивъ, что плотность искомой планеты равна плотности Урана, онъ могъ легко найти также ея объемъ (см. стр. 586), и слѣдовательно опредѣлить, какой видимый поперечникъ должна имѣть планета, если смотрѣть на нее съ земли. Онъ нашелъ для него 3,3″. Это значитъ, что свѣтило должно было имѣть яркость звѣзды 8—9 величины.

При допущеніи вліянія этой новой планеты на движеніе Урана, разности между наблюденіемъ и вычисленіемъ, существовавшія раньше, исчезли при разсчетѣ совершенно, остались только неправильно распредѣленныя ошибки въ 3″ Такъ какъ всѣ соотвѣтственные элементы были получены, то Леверье могъ также заранѣе указать мѣсто неизвѣстнаго свѣтила на небѣ для любого момента.

Совершенно также поступилъ и Адамсъ. Онъ взялъ для разстоянія

38 солнечныхъ единицъ и соотвѣтственно этому получилъ нѣсколько иные элементы, чѣмъ Леверье. Оставшiяся ошибки были у Адамса еще менѣе значительны, чѣмъ при вычисленiи французскаго ученаго.

Оба изслѣдователя, конечно, жаждали знать, можно ли, дѣйствительно, открыть предполагаемое свѣтило въ направленiи, найденномъ ими. Непосредственно въ этомъ нельзя было убѣдиться. Хотя свѣтило преднолагаемой яркости должно быть доступно для всякаго телескопа средней силы, но его нельзя было бы отличить отъ неподвижной звѣзды, такъ какъ дискъ планеты во всякомъ случаѣ долженъ быть малъ. Звѣздъ 9-ой величины такъ много на небѣ, что въ то время далеко не всѣ они были занесены въ каталоги или на звѣздныя карты, и звѣзду, не принадлежащую данной области, можно было не иначе отличить отъ другихъ, какъ узнавъ ея планетное движенiе. Послѣднее было, однако, слишкомъ мало для такого далекаго свѣтила.

Адамсъ, по поводу открытiя новаго свѣтила, обратился къ Чаллису, директору кембриджской обсерваторiи, который и произвелъ наблюденiя надъ соотвѣтственной областью 4 и 12 августа 1846 года меридiаннымъ кругомъ. Для того, чтобы узнать, находилась ли планета въ числѣ наблюденныхъ звѣздъ, надо было вычислить по нимъ прямое восхожденiе и склоненiе всѣхъ звѣздъ для обоихъ дней наблюденiя. Если бы оказалось, что одна изъ нихъ въ этотъ промежутокъ времени измѣнила свое положенiе, то это и была бы планета. Чаллисъ не произвелъ тотчасъ же соотвѣтственныхъ разсчетовъ. Тѣмъ временемъ Леверье обратился къ Энке, тогдашнему директору берлинской обсерваторiи, съ просьбою сравнить соотвѣтственное мѣсто неба съ новой звѣздной картой этой области, изготовленной въ Берлинѣ и еще не изданной, и убѣдиться, нѣтъ ли здѣсь предполагаемаго свѣтила. Ночью того же дня, когда пришло письмо Леверье, 23 сентября 1846 года, Галле, тогда ассистентъ берлинской обсерваторiи, увидѣлъ отыскиваемое свѣтило менѣе, чѣмъ на разстоянiи одного градуса отъ мѣста, указаннаго вычисленiемъ. Въ слѣдующiя ночи можно было убѣдиться въ его движенiи; такимъ образомъ, не подлежало никакому сомнѣнiю, что это и есть разыскиваемое свѣтило.

Какъ только извѣстiе объ этомъ единственномъ въ исторiи астрономiи открытiи пришло въ Англiю, Чаллисъ взялся за обработку своихъ наблюденiй и къ немалой своей досадѣ узналъ, что онъ наблюдалъ это свѣтило какъ 4, такъ и 12 августа, т. е. за $1^1/_2$ мѣсяца до Галле, и не подозрѣвалъ о томъ, и что только благодаря его небрежности слава этого открытiя должна была достаться Леверье, а не его соотечественнику Адамсу, вычисленiя котораго были кончены нѣсколько раньше, чѣмъ вычисленiя французскаго астронома, и опредѣляли мѣсто планеты даже нѣсколько точнѣе. Было бы, конечно, несправедливо, изъ за такого несчастнаго случая совершенно отрицать или оставлять въ тѣни заслугу Адамса въ открытiи Нептуна, какъ это въ свое время дѣлали французы.

Опредѣленiе орбиты новой планеты послѣ ея открытiя дало, впрочемъ, значительно меньшую величину для полуоси, чѣмъ допускали оба вычислителя: всего 30 солнечныхъ разстоянiй вмѣсто 36 и 38. Слѣдовательно, Нептунъ очень значительно отклоняется отъ правила Боде-Тицiуса, которому почти точно слѣдуютъ среднiя разстоянiя остальныхъ планетъ. Вслѣдствiе неправильно допущенной величины разстоянiя возмущающей планеты отъ возмущаемой, были ошибочно опредѣлены и другiе элементы орбиты, полученные вычисленiемъ. Такимъ образомъ, случай игралъ при этомъ открытiи немаловажную роль. Но, несмотря на все это, мы не можемъ отказать въ нашемъ удивленiи обоимъ мыслителямъ, которые теоретически правильно рѣшили эту трудную задачу.

Истинное время обращенiя Нептуна равно 163,7 годамъ; слѣдовательно,

новая планета со времени открытія еще не прошла и третьей части своей орбиты. За это время Уранъ давно уже удалился отъ Нептуна и съ тѣхъ поръ не обнаруживаетъ никакихъ отклоненій отъ теоріи, которыхъ нельзя объяснить закономъ тяготѣнія. Вліяніе массы Нептуна на Уранъ можно было поэтому точно опредѣлить. Оказалось, что не пришлось дѣлать какихъ либо существенныхъ поправокъ съ тѣхъ поръ, какъ послѣ открытія спутника Нептуна массу послѣдняго можно было опредѣлить лучше, чѣмъ изъ возмущающаго дѣйствія Нептуна на Уранъ. Движеніе самого Нептуна, повидимому, удовлетворяетъ до сихъ поръ закону тяготѣнія безъ дальнѣйшихъ поправокъ. Однако, заключать изъ этого, что нѣтъ занептунической планеты, было бы преждевременно, пока не удастся прослѣдить полнаго обращенія Нептуна: новая крайняя планета нашей системы, быть можетъ, находится въ такомъ направленіи, что только въ будущемъ достигнетъ соединенія съ Нептуномъ, когда возмущающія дѣйствія могутъ суммироваться и образовать замѣтныя величины.

Но совсѣмъ съ другой стороны являются намеки на существованіе такой занептунической планеты. Нѣсколько кометныхъ орбитъ, которыя обнаружили ясный эллиптическій характеръ, хотя эти свѣтила, на нашей памяти, только разъ проходили черезъ перигелій, обладали такими свойствами, что эллиптичность ихъ можно считать результатомъ возмущенія, произведеннаго планетою, находящеюся приблизительно вдвое дальше отъ солнца, чѣмъ Нептунъ. Но весьма сомнительно, что когда нибудь, — какъ было съ Нептуномъ, — мы увидимъ это свѣтило тѣлесными глазами, хотя бы и удалось открыть его теоретически. По крайней мѣрѣ, свѣтило величиною съ Нептунъ едва ли удалось бы обнаружить на такомъ разстояніи при нашихъ современныхъ оптическихъ средствахъ. Поэтому съ полною увѣренностью мы можемъ смотрѣть на Нептуна, какъ на крайнюю видимую грань нашей планетной системы.

Открытіе Нептуна было первымъ объектомъ астрономіи невидимаго, которая съ тѣхъ поръ отпраздновала поразительныя побѣды во многихъ другихъ областяхъ изслѣдованія неба. Леверье сдѣлалъ еще попытку присоединить новый объектъ къ этой интересной главѣ исторіи человѣческой мысли. Изъ массы чиселъ, которыя нами обозначены B—R, онъ пытался за письменнымъ столомъ открыть интрамеркуріальную планету: другихъ свободныхъ пробѣловъ во всей солнечной системѣ не существовало. Но здѣсь, въ бòльшей близости къ солнцу, чѣмъ разстояніе самой близкой изъ извѣстныхъ намъ планетъ, могло существовать еще меньшее свѣтило или даже нѣсколько таковыхъ, которыя постоянно скрываются отъ насъ въ лучахъ солнца, какъ это происходитъ и съ самимъ Меркуріемъ въ теченіе большей части времени его обращенія. Такая планета можетъ сказаться только дѣйствіемъ тяготѣнія: намеки на это какъ будто даетъ замѣченное прохожденіе загадочнаго темнаго тѣла передъ солнечнымъ дискомъ. Мы уже знаемъ, что Меркурій и Венера, при ихъ прохожденіи передъ солнцемъ, представляются маленькими темными дисками, которые движутся гораздо быстрѣе темныхъ же солнечныхъ пятенъ. Послѣднія только въ 14 дней проходятъ отъ одного края солнца до другого, тогда какъ планетныя прохожденія совершаются въ нѣсколько часовъ. Даже въ дурной телескопъ или просто глазомъ нельзя смѣшать этихъ явленій. Нѣкоторымъ наблюдателямъ казалось иногда, что они видятъ маленькую черную точку, проходящую съ планетной скоростью передъ солнцемъ, когда солнечныя пятна особенно часты. Правда, такіе случаи были очень рѣдки и довольно сомнительны. Даже еслибы и наблюдались такія прохожденія, то они никоимъ образомъ не могутъ доказывать существованіе интрамеркуріальныхъ планетъ: довольно большіе метеоры, которые, несомнѣнно, милліонами носятся въ планетномъ пространствѣ, могутъ дать подобное же явленіе. Ана-

логичные случаи прохожденія темныхъ тѣлъ передъ луннымъ дискомъ наблюдаются нерѣдко, особенно въ послѣднее время. Они показываютъ, что внѣ нашей атмосферы существуютъ метеоры гораздо бо́льшихъ размѣровъ, чѣмъ тѣ, что̀ извѣстны намъ благодаря вспыхиванію при проникаціи въ нашу атмосферу.

Движеніе Меркурія обнаруживало и обнаруживаетъ еще и теперь такія отклоненія отъ теоріи, которыя можно бы хорошо объяснить существованіемъ интрамеркуріальной планеты. Рѣшить этотъ вопросъ, однако, гораздо труднѣе для этой области солнечной системы, чѣмъ для внѣшнихъ предѣловъ, такъ какъ планеты, лежащія за земной орбитой, обладаютъ спутниками, движеніе которыхъ даетъ возможность судить точнѣе объ ихъ массахъ. Но Меркурій и Венера не имѣютъ спутниковъ; поэтому ихъ массы можно вычислить только изъ возмущающаго дѣйствія ихъ другъ на друга. Теоретически для этого лучше всего воспользоваться не частными возмущеніями, но вѣковыми, которыя выражаются въ движеніяхъ линій апсидъ и узловыхъ линій. Въ особенности загадочное свѣтило, обращающееся, конечно, очень быстро, не можетъ обнаружиться на орбитѣ Меркурія, какъ то было съ орбитою Нептуна. Если на вѣковыя неравенства орбиты Меркурія дѣйствуетъ неизвѣстное свѣтило, то прежде всего оказалось бы, что масса Венеры, которая имѣетъ на Меркурій главное вліяніе, опредѣлена неправильно. Но тогда неправильное допущеніе относительно массы Венеры не могло бы достаточно объяснить вѣковыхъ неравенствъ земной орбиты, которыя опять таки главнымъ образомъ вызываются притяженіемъ Венеры. Чтобы наконецъ найти и эту разницу, необходимо было бы точнѣе опредѣлить вліянія всѣхъ другихъ планетъ на движеніе земли, и т. д. Итакъ мы видимъ, что задача найти самую внутреннюю планету при помощи возмущеній орбиты Меркурія требуетъ кропотливыхъ изслѣдованій, относящихся къ движеніямъ всѣхъ внутреннихъ планетъ. Леверье составилъ точныя планетныя таблицы, хотя и не исключительно съ этою цѣлью; онѣ позволяютъ опредѣлять движенія планетъ: Меркурія, Венеры, земли, Марса, отчасти также Юпитера и Сатурна, включая и ихъ взаимныя вліянія. Такъ возникъ, какъ результатъ работы нѣсколькихъ десятилѣтій, трудъ, имѣющій громадное значеніе.

Послѣ этого новаго приведенія въ порядокъ планетной системы, гдѣ массы всѣхъ планетъ были опредѣлены заново, оставались всетаки необъясненными отклоненія движеній Меркурія, которыя, какъ полагалъ Леверье, можно объяснить только существованіемъ интрамеркуріальной планеты. Онъ даже далъ ей имя Вулкана. Однако, это свѣтило, несмотря на усердные поиски, до сихъ поръ не найдено. Уже раньше говорилось (стр. 529), что Ватсонъ, во время одного изъ солнечныхъ затменій, будто бы видѣлъ два тѣла, которыя могли быть такими планетами (Леверье высказалъ предположеніе, что вокругъ солнца существуетъ цѣлое кольцо такихъ тѣлъ), но мы тогда же замѣтили, что, вѣроятно, Ватсонъ ошибся.

Если бы вычисленія Леверье относительно этой загадочной планеты или планетнаго кольца вблизи солнца были безошибочны, то ненахожденіе видимыхъ слѣдовъ ея не доказывало бы еще, что ея не существуетъ. Но французскій ученый въ свое время не могъ ввести достаточное количество точныхъ наблюденій въ это, въ высшей степени, сложное вычисленіе, чтобы точно опредѣлить всѣ входящія въ него величины. Въ послѣднее время американецъ Ньюкомбъ вторично принялся за эту гигантскую работу, желая основательно опредѣлить изъ наблюденій элементы четырехъ внутреннихъ планетъ и ихъ вѣковыя измѣненія. Для этой цѣли онъ вновь вывелъ всѣ входящія въ разсчетъ астрономическія постоянныя, какъ то: солнечный параллаксъ, прецессію, нутацію, параллаксъ луны и ея массу, которыя вліяютъ на движенія земли, кромѣ того — аберрацію свѣта, о ко-

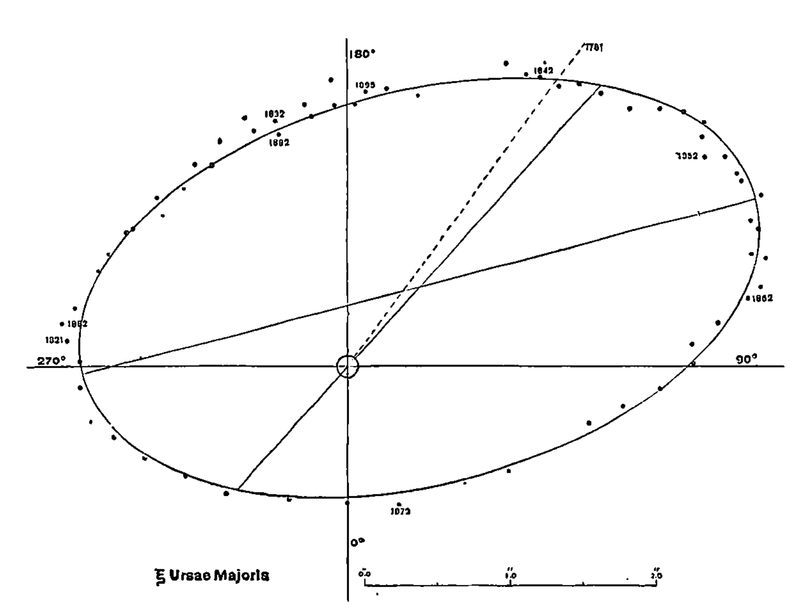
торой мы будемъ говорить далѣе, свѣтовое время и т. п. Эта работа цѣликомъ еще не появилась, но Ньюкомбъ опубликовалъ общій обзоръ результатовъ, откуда видно, что движеніе перигелія Меркурія продолжаетъ обнаруживать отклоненіе отъ теоріи, которое въ столѣтіе достигаетъ 40″ Это отклоненіе, несомнѣпно, существуетъ въ дѣйствительности, т. е. его нельзя объяснить скопленіемъ ошибокъ наблюденія. Движенія перигелія Венеры, земли и Марса согласуются съ теоріей до 8″,6 и 8″ въ столѣтіе; вѣроятныя ошибки этихъ величинъ таковы, что ихъ можно считать лежащими въ предѣлахъ неточности вычисленія, за исключеніемъ цыфры, данной для Марса, которая вдвое больше вѣроятной ошибки.

Итакъ, оказывается, что всѣ планеты, кромѣ Меркурія и еще Марса, слѣдуютъ во всей строгости закону тяготѣнія. Однако, въ настоящее время приписываютъ это отклоненіе Меркурія не интрамеркуріальной планетѣ: для такой планеты, какъ Меркурій, занимающей особенное положеніе, можно предполагать существованіе нѣкоторыхъ другихъ вліяній. Мы еще вернемся къ этому вопросу, какъ только пріобрѣтемъ болѣе свѣдѣній въ этомъ отношеніи.

Отклоненіе Марса отъ теоріи недавно навело на мысль, что въ области между Марсомъ и Юпитеромъ, гдѣ обращается вереница малыхъ планетъ, должны существовать еще болѣе значительныя массы, чѣмъ открытыя до сихъ поръ, или, по всей вѣроятности, находятся малыя планеты, которыя еще ждутъ открытія. Кромѣ Ньюкомба, этимъ вопросомъ необъясненнаго вѣкового перемѣщенія перигелія Марса занимался Павелъ Гарцеръ, который получилъ для этого явленія втрое бо́льшую величину, чѣмъ Ньюкомбъ. По Гарцеру возмущающая масса равна 1 : 2000000 солнечной массы, т. е. $1^1/_2$ массы Марса или 13 лунныхъ массъ. Съ другой стороны, можно сдѣлать разсчетъ общей массы всѣхъ извѣстныхъ до сихъ поръ малыхъ планетъ, и этотъ разсчетъ не будетъ сильно уклоняться отъ истины, хотя и нельзя опредѣлить прямо наблюденіемъ притяженій этихъ свѣтилъ. По измѣреніямъ Бернерда, приведеннымъ на стр. 162, самая яркая малая планета, Церера, имѣетъ объемъ въ 272 милліона кубическихъ километровъ, три другія болѣе яркія малыя планеты, Веста, Паллада и Юнона, — 258, и, наконецъ, по фотометрическимъ измѣреніямъ остальные 373 наблюденныхъ малыхъ планетъ — 257 милліоновъ куб. километровъ. Если принять плотность этихъ свѣтилъ равною плотности луны, то общая масса ихъ окажется равной всего $^1/_{27}$ лунной массы, или въ 350 разъ меньше, чѣмъ это слѣдуетъ изъ возмущеній движенія Марса. Но если даже допустить, что плотность этихъ свѣтилъ равна плотности платины, а сумма возмущеній по Ньюкомбу въ три раза меньше той, какую онъ положилъ въ основаніе своихъ разсчетовъ, то все же никакъ нельзя примирить между собою оба результата. Согласно же современнымъ знаніямъ, совершенно невѣроятно, чтобы въ этомъ кольцѣ можно было еще открыть значительное количество планетоидовъ, которое восполнило бы недостающую массу. Надо допустить, что здѣсь возмущающая масса раздроблена очень мелко, напр., на подобіе кольца изъ пыли, въ родѣ колецъ Сатурна. Позднѣе мы узнаемъ, что это допущеніе проливаетъ интересный свѣтъ на наши взгляды на исторію развитія свѣтилъ.

Теперь, когда мы знаемъ, что движенія въ предѣлахъ солнечной системы, доступныя очень точной провѣркѣ, находятся въ согласіи съ ньютоновымъ закономъ, за исключеніемъ очень немногихъ сомнительныхъ случаевъ, не безъ интересно узнать, нельзя-ли найти и въ остальныхъ доступныхъ нашимъ взорамъ частяхъ мірозданія подтвержденія этому основному закону. Намъ уже извѣстно, что тамъ существуютъ свѣтила, которыя совершаютъ движенія другъ около друга. Само собою понятно, эти движенія изучены очень точно. Опредѣленія орбитъ двойныхъ звѣздъ про-

изводятся такъ же, какъ и опредѣленiя орбиты кометъ. Но относительныя движенiя этихъ свѣтилъ на большомъ разстоянiи кажутся намъ столь малыми, что неизбѣжныя ошибки наблюденiя сильно отзываются на опредѣленiи формы орбитъ. Приходится графически выравнивать наблюденiя, т. е. наносить ихъ въ опредѣленной системѣ координатъ, и соединять средней кривой, примѣръ чего мы видимъ на прилагаемомъ рисункѣ. Оказывается, что для системы, состоящей только изъ двухъ свѣтилъ, кривая очень напоминаетъ эллипсъ, если принять одно свѣтило неподвижнымъ. Но при этомъ звѣзда оказывается не въ фокусѣ видимой кривой, описываемой другимъ свѣтиломъ, какъ того можно было ожидать: въ этомъ случаѣ мы видимъ истинный эллипсъ орбиты подъ угломъ, который произволенъ для каждой изъ этихъ далекихъ системъ, и въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ требуетъ опредѣленiя. Какъ извѣстно, при такихъ обстоятельствахъ кругъ можетъ казаться очень вытянутымъ эллипсомъ. Если бы центральное свѣтило находилось въ центрѣ такого круга, то оно стояло бы въ центрѣ всѣхъ эллипсовъ, которые образуются при проэкцiи подъ различными углами зрѣнiя, подъ какими мы смотримъ на этотъ кругъ.



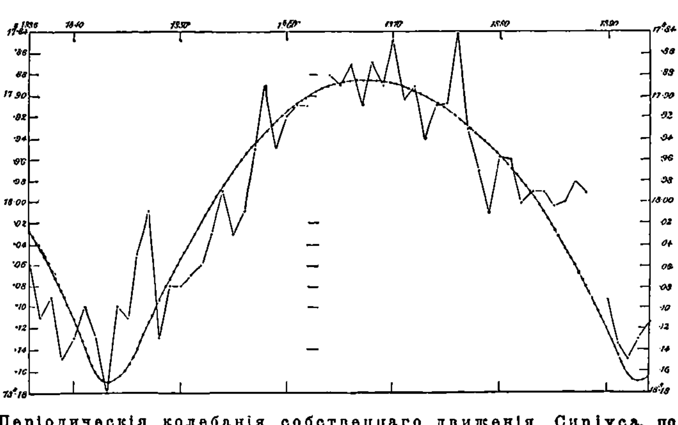
Орбита двойной звѣзды ξ Ursae majoris.

Итакъ, если бы мы имѣли передъ собою орбиту двойной звѣзды, которая представляетъ ясный эллипсъ, и нашли, что главное свѣтило стоитъ въ его центрѣ, а не въ фокусѣ, то въ правѣ были бы допустить, что истинная орбита спутника есть кругъ. Въ такомъ случаѣ отношенiе малой оси эллипса къ большой прямой дало бы намъ величину косинуса угла, подъ которымъ мы видимъ орбиту. Легко понять, что изъ кажущагося разстоянiя главнаго свѣтила отъ фокуса или отъ центра видимаго эллипса можно найти истинную форму послѣдняго, предполагая, что главное свѣтило въ дѣйствительности находится въ фокусѣ эллипса.

Допустимъ a priori, что три закона Кеплера примѣнимы къ системамъ двойныхъ звѣздъ; тогда не трудно найти истинные элементы орбиты ихъ движенiй. Иное дѣло, если мы поставимъ вопросъ, примѣнимы ли тамъ, дѣйствительно, эти законы. Тогда совсѣмъ нельзя найти, независимо отъ Ньютонова закона, довода, который безъ всякаго допущенiя объ истинной формѣ орбиты позволилъ бы опредѣлить уголъ проэкцiи, подъ какимъ мы ее видимъ. Поэтому нѣтъ прямого доказательства, что движенiя двойныхъ звѣздъ происходятъ по эллипсамъ, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ находится главное свѣтило. Благопрiятнѣе обстоитъ дѣло для второго закона Кеплера о равныхъ площадяхъ, описываемыхъ въ равныя

времена радіусомъ векторомъ. Такъ какъ площади, видимыя подъ равными углами проэкціи, должны всегда относиться, какъ площади истинныхъ орбитъ, то законъ площадей долженъ быть примѣнимъ и для видимыхъ эллипсовъ двойныхъ звѣздъ. Къ сожалѣнію, какъ мы знаемъ, законъ площадей не рѣшаетъ еще вопроса о характерѣ центральной силы (см. стр. 590). Третій законъ Кеплера можно испытать только на тройной или многократной системѣ звѣздъ, изъ которыхъ только весьма немногія точнѣе изслѣдованы въ отношеніи ихъ движеній.

Самая интересная изъ этихъ системъ есть сложная звѣзда ζ Cancri, которая была подвергнута особенно Зелигеромъ подробному изслѣдованію. Результатъ былъ тотъ, что звѣзды этой системы движутся, въ общемъ согласно третьему Кеплерову закону въ предѣлахъ существующихъ неточностей наблюденія, но что одна изъ составляющихъ звѣздъ показываетъ нѣкоторыя отклоненія, которыя свидѣтельствуютъ, что вблизи этой звѣзды (c) находится неизвѣстное, можетъ быть, совершенно темное тѣло, обращающееся вокругъ нея.



Періодическія колебанія собственнаго движенія Сиріуса, по наблюденіямъ въ Гринвичѣ въ 1836—1894 гг.

Въ другихъ случаяхъ кратныхъ звѣздъ для теоріи представляются трудности, которыя связаны съ неразрѣшимостью задачи о трехъ тѣлахъ. Въ кратныхъ звѣздныхъ системахъ массы часто распредѣлены совершенно иначе, чѣмъ въ солнечной системѣ. Спутники по сравненію съ главной звѣздой имѣютъ гораздо большую массу, чѣмъ планеты по сравненію съ солнцемъ; поэтому здѣсь нельзя довольствоваться методами приближенія теоріи возмущеній. Въ этихъ областяхъ также можно производить провѣрку непрямымъ путемъ: именно, ставятъ вопросъ, согласуются ли наблюденія съ вычисленіемъ, если допустить примѣнимость закона тяготѣнія. До сихъ поръ это согласіе всегда наблюдалось. Это обстоятельство, однако, нельзя еще считать весьма вѣскимъ доказательствомъ, такъ какъ должны быть очень сильныя отклоненія отъ этого закона, чтобы они не могли скрыться за сравнительно большими ошибками наблюденія.

Два блестящихъ подтвержденія, которыя можно сравнить съ открытіемъ Нептуна, теорія тяготѣнія нашла въ далекихъ пространствахъ неподвижныхъ звѣздъ, благодаря открытію, такъ называемыхъ, темныхъ спутниковъ Сиріуса и Проціона. Обѣ эти яркія звѣзды обнаруживали странныя спиральныя движенія на небѣ; движеніе Сиріуса изображено на прилагаемомъ рисункѣ. Впослѣдствіи мы увидимъ, что всѣ неподвижныя звѣзды совершаютъ собственныя движенія, которыя обыкновенно оказываются прямолинейными, поступательными и равномѣрными. Только обѣ названныя звѣзды обнаруживаютъ рѣзкое отклоненіе отъ этого, открытое впервые Бесселемъ. Онъ тогда же высказалъ предположеніе, что около того и другого свѣтила должно находиться темное тѣло, которое своимъ притяженіемъ и производитъ странное движеніе свѣтлаго тѣла. Спиральная линія происходитъ оттого, что общій центръ тяжести обоихъ свѣтилъ движется въ пространствѣ равномѣрно, тогда какъ самыя свѣтила обращаются

вокругъ этого центра. При такомъ предположенiи, Бессель въ 1844 г. считалъ время обращенiя темнаго спутника Сирiуса равнымъ приблизительно 50-мъ годамъ. Въ 1862 г. американскому оптику Альвану Кларку, при испытанiи 17-ти дюймоваго объектива, который онъ изготовлялъ для обсерваторiи въ Чикаго, удалось увидѣть рядомъ съ этой самой блестящей звѣздой нашего неба маленькую свѣтлую точку 9—10 величины, приблизительно на разстоянiи 10″ По разсчетамъ Ауверса, это, дѣйствительно, было отыскиваемое свѣтило. Его разсчеты дали для вновь открытаго спутника время обращенiя въ $49^1/_2$ лѣтъ, число, близко совпадавшее съ приблизительными опредѣленiями Бесселя. При условiи примѣнимости закона тяготѣнiя, масса Сирiуса не можетъ превосходить массу своего спутника больше, чѣмъ вдвое, хотя послѣднiй излучаетъ по крайней мѣрѣ въ 5000 разъ меньше свѣта. Слѣдовательно, мы имѣемъ передъ собой тѣло, не совершенно темное, но находящееся въ значительной степени охлажденiя, т. е. готовое перейти въ состоянiе планеты. Въ слѣдующiя десятилѣтiя спутникъ совершалъ движенiе вокругъ главнаго свѣтила такъ, какъ это было указано, причемъ, какъ предвидѣли заранѣе, его видимое разстоянiе отъ главнаго свѣтила сначала немного увеличивалось, а затѣмъ все болѣе и болѣе уменьшалось. Въ 1877 г. это разстоянiе было равно 11″, 10 лѣтъ спустя только 6″,8; наконецъ въ 1890 г. спутникъ исчезъ даже для лучшихъ телескоповъ въ лучахъ Сирiуса. Бернгэмъ вычислилъ орбиту спутника изъ всѣхъ сдѣланныхъ до тѣхъ поръ наблюденiй и для времени обращенiя нашелъ 53 года. Въ 1893 г. спутникъ долженъ былъ достигнуть наибольшей видимой близости къ Сирiусу въ 2″,4, а осенью 1896 г., вполнѣ согласно съ этимъ вычисленiемъ, его опять увидѣли въ Ликской обсерваторiи.

Для Процiона тотъ же Ауверсъ вычислилъ орбиту спутника на основанiи измѣненiй собственнаго движенiя звѣзды. Время обращенiя оказалось равнымъ 40 годамъ: но не удалось открыть свѣтила. Поэтому полагали, что имѣютъ дѣло съ темнымъ тѣломъ. Однако съ гигантскимъ рефракторомъ Ликской обсерваторiи Шеберле 14 ноября 1896 г. открылъ на разстоянiи 4″,6 отъ Процiона крошечную звѣздочку 13 величины; ея мѣсто (уголъ положенiя) соотвѣтствовало тому, какое слѣдовало изъ орбитъ Ауверса для эпохи открытiя. Слѣдовательно, и въ данномъ случаѣ удалось открытiемъ подтвердить предсказанiе, которое было сдѣлано въ томъ предположенiи, что законъ тяготѣнiя имѣетъ всеобщее примѣненiе въ пространствахъ неподвижныхъ звѣздъ *).

Но несмотря на всѣ эти подтвержденiя, не надо забывать, что положительнаго доказательства примѣнимости закона Ньютона безъ всякой поправки или дополненiя еще не имѣется. Можно только сказать одно: выводы изъ этого закона подтверждаются, какъ въ предѣлахъ нашей солнечной системы, такъ и въ пространствахъ неподвижныхъ звѣздъ, съ такимъ большимъ приближенiемъ, что только въ очень немногихъ сомнительныхъ случаяхъ, при современномъ искусствѣ наблюденiя, мы въ правѣ подозрѣвать минимальныя отклоненiя. Мы должны сдѣлать эту оговорку потому, что, заручившись дальнѣйшими свѣдѣнiями о движенiяхъ небесныхъ свѣтилъ, мы вновь возвратимся къ разсмотрѣнiю справедливыхъ сомнѣнiй, какiя высказывались со стороны теоретиковъ противъ абсолютной примѣнимости этого закона.

---

*) Въ настоящее время этотъ спутникъ наблюдается въ обсерваторiяхъ Дж. Лика и Iеркеса въ Сѣверной Америкѣ.

С. Глазенапъ.

Элементы орбитъ главнѣйшихъ свѣтилъ нашей планетной системы и нѣкоторыхъ замѣчательныхъ кометъ,

главнымъ образомъ по даннымъ „Annuaire du bureau des Longitudes“ на 1897 г.

Элементы орбитъ большихъ планетъ.

Названіе	Объемъ	Масса: земля = 1	Масса: солнце = 1	Плотность земли = 1	Средняя скорость въ 1 сек. клм.	Время вращенія или звѣздный день	Эксцентрицитетъ	Сжатіе	Путь падающаго тѣла въ 1-ю сек. м.	Тяжесть: 1 кгр. вѣситъ кгр.	Въ какое время доходитъ свѣтъ отъ солнца	Наклоненіе орбиты къ эклиптикѣ	Время обращенія: года	дня
Меркурій	0,052	0,061	$\frac{1}{5\,310\,000}$	1,17	47,0	88 дней?	0,2056	0	1,5	0,44	0ч 3м	7° 0′ 8″	0	87,969 238
Венера .	0,975	0,787	$\frac{1}{412\,150}$	0,81	34,7	225 дней?	0,0068	0	3,9	0,80	0 6	3 23 35	0	224,700 787
Земля	1	1	$\frac{1}{324\,439}$	1,00	27,8	23ч 56м 04с	0,0168	$\frac{1}{190}$	4,9	1	0 8	0 0 0	1	0,006 374
Марсъ	0,147	0,105	$\frac{1}{3\,093\,500}$	0,71	24,0	24 37 23	0,0933	0	1,9	0,38	0 13	1 51 2	1	321,729 646
Юпитеръ	1279,412	309,816	$\frac{1}{1047}$	0,24	13,0	9 55 37	0,0483	$\frac{1}{6}$	11,3	2,26	0 43	1 18 41	2	314,838 171
Сатурнъ	718,883	91,919	$\frac{1}{8530}$	0,13	9,5	10 14 24	0,0561	$\frac{1}{9}$	4,4	0,89	1 19	2 29 40	29	166,986 360
Уранъ	69,237	13,518	$\frac{1}{24\,000}$	0,20	6,5		0,0463	?	4,6	0,75	2 38	0 46 20	84	7,390 36
Нептунъ	54,955	16,469	$\frac{1}{19\,700}$	0,30	5,4		0,0090	?	4,4	1,14	4 8	1 47 2	164	280,11 316
Солнце .	1 283 700	324 439	1	0,25	—	$25^1/_2$ дней	—	—	134,7	27,62	—	—	—	—

Элементы орбитъ большихъ планетъ.

Названіе	Среднее разстояніе отъ солнца: милліоны клм.	милліоны геогр. миль	астрономическія единицы	Экваторіальный поперечникъ: видимый на солнечномъ разстояніи	земли = 1	Угловая скорость на экваторѣ въ 1 сек.	Среднее суточное движеніе	Долгота перигелія	Долгота восходящаго узла	Средняя долгота 1 января 1850 г.
Меркурій	58	7,8	0,38 710	6,61″	0,373	2м	14 732,42″	75° 7′ 14″	46° 33′ 9″	327° 15′ 20″
Венера .	108	14,6	0,72 333	17,55	0,999	2?	5 767,67	129 27 15	75 19 52	245 33 15
Земля	149	20,0	1,00 000	17,72	1	465	3 548,19	100 21 42	0 0 0	100 47 4
Марсъ	227	30,6	1,52 369	9,35	0,528	240	1 886,52	333 17 54	48 23 53	83 40 31
Юпитеръ	777	104,7	5,20 280	196,00	11,061	12 458	299,13	11 54 58	98 56 17	160 1 10
Сатурнъ	1424	192,0	9,53 886	164,77	9,299	10 140	120,45	90 6 57	112 20 53	14 52 28
Уранъ	2864	386,0	19,18 329	75,02	4,234	—	42,23	170 50 7	73 13 54	29 17 51
Нептунъ	4487	604,7	30,05 508	67,29	3,798	—	21,53	45 59 43	130 6 25	334 33 29
Солнце .	—	—	—	32′ 3,64″	108,558	2 005	—	—	—	—

Элементы орбитъ четырехъ старѣйшихъ малыхъ планетъ.

№	Названіе	Величина	Наибольшее разстояніе (земля = 1)	Наименьшее разстояніе (земля = 1)	Суточное движеніе	Время обращенія года	Эксцентрицитетъ	Большая полуось	Долгота перигелія	Долгота узла	Наклоненіе	Средняя долгота эпохи	Эпоха въ среднемъ парижскомъ времени
1	Церера . .	7,4	2,98	2,56	770,78′	4,61	0,076	2,767265	149° 37′ 49″	80° 46′ 39″	10° 37′ 10″	103° 25′ 3″	25,0 дек. 1874
2	Паллада	8,0	3,43	2,11	768,39	4,61	0,237	2,772997	122 2 8	172 54 9	34 41 23	236 36 57	8,0 іюня 1895
3	Юнона	8,7	3,35	1,98	814,08	4,36	0,258	2,668266	54 50 15	170 53 21	13 1 23	47 22 27	1,0 ноября 1874
4	Веста .	6,5	2,57	2,15	977,67	3,63	0,088	2,361618	250 56 52	103 29 15	7 7 54	67 41 55	7,0 дек. 1874

Элементы луннаго движенія.

Время звѣздна обращеніяго	$27^{д}\ 7^{ч}\ 43^{м}\ 12^{с}$
Синодическое время обращенія	29 12 44 2,9
Среднее наклоненіе орбиты	$5^{0}\ 8'\ 47,9''$
Среднее наклоненіе луннаго экватора	1 32
Эксцентрицитетъ	0,054 908
Разстояніе отъ земли	60,2745 радіусовъ земного экватора
Разстояніе отъ земли	384 455 клм.
Наибольшее разстояніе отъ земли	407 110 клм.
Наименьшее разстояніе отъ земли	356 650 клм.
Среднiй поперечникъ	$31'\ 8,2''$
Среднiй поперечникъ	3480 клм.
Совершенно невидимая часть поверхности	0,410
Масса (земля = 1)	0,0125
Поверхность (земля = 1)	0,0745
Объемъ (земля = 1)	0,0204
Плотность (земля = 1)	0,615

Спутники Марса.

Равноденствіе эпохи 1877 г. августа 28,0	Страхъ	Трепетъ
Средняя долгота	$322^{0}\ 54,2'$	$38^{0}\ 45,4'$
Долгота узла.	82 57,3	85 34,2
Долгота перигелія.	4 13,9	357 58,4
Наклоненіе	26 17,2	25 47,2
Эксцентрицитетъ	0,0321	0,0057
Большая полуось	2,771	6,921
Большая полуось клм.	9380	23400
Время звѣзднаго обращенія	$7^{ч}\ 39^{м}\ 15^{с}$	$1^{д}\ 6^{ч}\ 17^{м}\ 54^{с}$

Спутники Юпитера.

Среднее равноденствіе эпохи (Ср. париж. полд.)	I. эпохи 1850 янв. 0,0	II. эпохи 1850 янв. 0,0	III. эпохи 1850 янв. 0,0	IV. эпохи 1850 янв. 0,0
Средняя долгота.	$148^{0}\ 43,9'$	$14^{0}\ 20,1'$	$37^{0}\ 7,5'$	$164^{0}\ 13,0'$
Долгота узла	335 $45,^{0}$	336 55,3	341 30,4	344 56,8
Долгота перигелія	—	—	235 18,5	266 40,9
Наклоненіе .	2 8,0	1 39	1 59,0	1 57,0
Эксцентрицитетъ.	—	—	0,0013	0,0072
Большая полуось	5,933	9,439	15,057	26,486
Время звѣздн. обращ.	$1^{д}\ 18^{ч}\ 27^{м}\ 34^{с}$	$3^{д}\ 13^{ч}\ 13^{м}\ 42^{с}$	$7^{д}\ 3^{ч}\ 42^{м}\ 33^{с}$	$16^{д}\ 16^{ч}\ 32^{м}\ 11^{с}$
Масса (Юпитеръ = 1) .	0,00 001 688	0,00 002 323	0,00 008 844	0,00 004 248

Спутники Сатурна.

Среднее равноденствіе эпоха (Ср. париж. вр.)	Мимасъ эпохи 1889 марта 31,0	Энцеладъ эпохи 1889 марта 23,0	Фетида эпохи 1889 марта 17,0	Діона эпохи 1885 сент. 1,0
Средняя долгота	84° 56,0′	256° 17,4′	135° 4,8′	56° 45,1′
Долгота узла .	165 0,0	167 56,5	166 7,4	167 40,0
Долгота перигелія	300	122 28,0	—	270 50,0
Наклоненіе	27 36,0	28 7,0	28 40,2	27 58,6
Эксцентрицитетъ.	0,016	0,0047	—	0,00396
Большая полуось	3,10	3,98	4,93	6,31
Время звѣздн. обращ.	0д 22ч 37м 5с	1д 8ч 53м 7с	1д 21ч 18м 26с	2д 17ч 41м 9с

Среднее равноденствіе эпоха (ср. парижск. вр.)	Рея эпохи 1889 марта 17,0	Титанъ эпохи 1885 сент. 1,0	Гиперіонъ эпохи 1875 окт. 28,0	Япетъ эпохи 1874 сент. 3,0
Средняя долгота	322° 12,7′	183° 25,6′	174° 30,4′	333° 14,9′
Долгота узла	167 45,2	167 45,9	168 9,9	142 40,1
Долгота перигелія	—	105 2,0	3 42,6	205 20,0
Наклоненіе	28 22,1	27 28,3	27 4,8	18 31,5
Эксцентрицитетъ.	—	0,0291	0,1188	0,0296
Большая полуось	8,83	20,45	25,07	59,58
Время звѣздн. обращ.	4д 12ч 25м 12с	15д 22ч 41м 22с	21д 6ч 39м 27с	79д 7ч 54м 17с

Спутники Урана.

	Среднее равноденствіе: 1850,0. эпоха: 1871 декабря 31,0			
	Аріель	Умбріель	Титанія	Оберонъ
Средняя долгота	153° 2′	275° 41′	20° 26′	308° 21′
Долгота узла	167 20	164 6	165 32	165 17
Долгота перигелія	196 26	158 33	93 33	149 46
Наклоненіе	97 58	98 21	97 47	97 54
Эксцентрицитетъ.	0,020	0,010	0,0011	0,0038
Большая полуось	7,04	9,91	16,11	21,54
Время звѣздн. обращ.	2д 12ч 29м 21с	4д 3ч 27м 37с	8д 16ч 56м 29с	13д 11ч 7м 6с

Спутникъ Нептуна.

Среднее равноденствіе и эпоха 1890 января 0,0

Средняя долгота	65° 8,8′	Эксцентрицитетъ	0,0070
Долгота узла	187 25,0	Большая полуось.	14,73
Долгота перигелія	262 23,0	Звѣздн. время обращ.	5д 21ч 2м 38с
Наклоненіе .	142 40,0		

Элементы періодическихъ кометъ.

№	Названія кометъ	Время обращенія въ годахъ	Эпохи прохожденія через перигелій		Растояніе перигелія	Растояніе пісафелія	Эксцентрицитеты	Долгота перигелія	Долгота восходящаго узла	Наклоненіе	Среднее равнодейстіе	Вычислитель
1	Энке	3,303	1895 февр. 4	17ч 51м	0,341 072	4,095 040	0,846 229	158° 42,3′	334° 44,8′	12° 54,4′	1895,0	Баклундъ
2	Темпеля	5,218	1894 апр. 23	6 0	1,350 608	4,666 498	0,551 077	306 15,0	121 10,1	12 44,4	1894,0	Шульгофъ
3	Брорзена	5,456	1890 фев. 24	2 31	0,587 759	5,610 377	0,810 343	116 23,2	101 27,6	29 23,8	1890,0	Э. Лампъ
4	Темпеля-Л. Свифта	5,534	1891 ноябр. 14	23 0	1,086 604	5,170 878	0,652 702	43 14,3	296 31,2	5 23,2	1891,0	Боссертъ
5	Виннеке	5,818	1892 іюнь 30	21 26	0,886 422	5,583 128	0,725 971	276 11,1	104 5,0	14 31,5	1890,0	ф.-Гердтль
6	Де-Вико-Л. Свифта	5,863	1894 окт. 12	4 40	1,392 019	5,111 146	0,571 895	345 19,2	48 44,6	2 57,9	1894,0	Чендлеръ
7	Темпеля	6,507	1885 сент. 25	17 37	2,073 322	4,897 332	0,405 128	241 21,8	72 24,1	10 50,4	1885,0	Готье
8	Біела (Ядро I)	6,587	1852 сент. 23	17 14	0,860 161	6,167 319	0,755 201	109 5,3	245 49,6	12 33,5	1852,0	д'Арре
	Біела (Ядро II)	6,629	1852 сент. 22	22 51	0,860 592	6,196 874	0,755 119	108 58,3	245 58,5	12 33,8		
9	Фэплей	6,622	1893 іюль 12	3 1	0,989 138	6,063 693	0,719 506	7 41,6	52 27,7	3 2,0	1893,0	Шульгофъ
10	д'Арре	6,691	1890 сент. 17	11 50	1,324 042	5,777 760	0,627 125	319 14,6	146 16,5	15 42,7	1890,0	Лэвб
11	Вольфа	6,821	1891 сент. 3	11 21	1,592 851	5,600 583	0,557 138	19 11,6	206 22,5	25 14,5	1891,0	Трэнъ
12	Брукса	7,097	1896 ноябр. 4	3 53	1,959 233	5,426 521	0,469 456	1 48,9	18 1,1	6 3,6	1896,0	Пуръ Лэнъ
13	Фая	7,566	1881 янв. 22	16 7	1,738 140	5,970 090	0,549 017	50 48,8	209 35,4	11 19,7	1880,0	Мёллеръ
14	Тёттля	13,760	1885 сент. 11	3 35	1,024 728	10,459 624	0,821 544	116 29,0	269 42,0	55 14,4	1890,0	Рáтсъ
15	Понса и Брукса	71,48	1884 янв. 25	19 3	0,77 511	33,67 129	0,954 996	93 20,8	254 6,2	74 3,3	1880,0	Шульгофъ и Боссертъ
16	Ольберса	72,63	1887 окт. 8	10 0	1,19 961	33,61 592	0,931 088	149 45,8	84 29,7	44 33,9	1887,0	Гинцель
17	Галлея	76,37	1835 ноябр. 15	0 15	0,58 895	35,41 121	0,967 281	165 48,8	55 10,2	162 15,1	1835,0	Понтекуланъ

Элементы большихъ и замѣчательныхъ кометъ.

Обозначеніе	Прохожденіе черезъ перигелій	Долгота перигелія	Долгота узла	Наклоненіе	Разстояніе перигелія	Эксцентриситетъ
137 до Р. X.	29 апрѣля	302°	220°	20°	1,01	—
69 „	іюль	315	165	70	0,80	—
66 послѣ Р. X.	14 января	325	32 40′	40 30′	0,4446	—
539	20 октября	313 30′	58	10	0,3412	—
837	1 марта	289 3	206 33	10 до 12°	0,58	—
1066	1 апрѣля	264 55	25 50	17	0,7195	—
1231	30 января	134 48	13 30	6 5′	0,9478	—
1299	31 марта	3 20	107 8	68 57	0,3179	—
1301	24 октября	312 0	138 0	13 0	0,64	—
1337	15 января	2 20	93 1	40 28	0,8282	—
1532	18 октября	111 48	87 23	32 36	0,5192	—
1577	26 октября	120 42	25 20	75 10	0,1775	—
1618	8 ноября	3 5	75 44	37 12	0,3895	—
1664	4 декабря	130 43	81 16	21 18	1,0255	—
1680	17 декабря	262 19	272 30	59 35	0,0068	0,99998
1707	11 декабря	79 55	52 47	88 36	0,8597	—
1729	13 іюня	320 31	310 38	71 5	4,0435	1,0050
1744	1 марта	197 14	45 48	47 8	0,2222	—
1769	7 октября	144 11	175 4	40 45	0,1228	0,9992
1770	14 августа	356 16	132 0	1 35	0,6743	0,7868
1781	29 ноября	16 3	77 23	27 12	0,9610	—
1807	18 сентября	270 55	266 47	63 10	0,6462	0,9955
1811	12 сентября	75 1	140 25	73 2	1,0354	0,9951
1819	27 іюня	287 5	273 44	80 46	0,3410	1
1823	9 декабря	274 33	303 4	76 12	1,2267	1
1825	10 декабря	318 47	215 43	33 33	1,2408	0,9954
1840	13 ноября	22 32	248 56	57 57	0,4808	0,9698
1843	27 февраля	278 39	1 12	35 41	0,0055	0,9999
1845	5 іюня	262 3	337 49	48 42	0,4016	0,9899
1858	29 сентября	36 13	165 19	63 1	0,5784	0,9962
1860	16 іюня	161 32	84 40	79 18	0,2929	1
1861	3 іюня	243 22	29 55	79 45	0,9207	0,9835
1861	11 іюня	249 4	278 58	85 26	0,8223	0,9853
1862	22 августа	344 41	137 26	66 25	0,9626	0,9613
1865	14 января	141 15	253 3	87 32	0,0260	1
1867	19 января	75 52	78 35	18 13	1,5725	0,8490
1874	8 іюля	271 7	118 45	66 21	0,6758	0,9986
1880	27 января	73 34	355 54	36 58	0,0060	0,9995
1881	16 іюня	265 13	270 58	63 26	0,7345	0,9964
1881	22 августа	219 13	97 7	39 44	0,6337	1
1882	17 сентября	55 37	346 1	48 0	9,0078	0,9999
1883	18 февраля	29 2	278 6	78 6	0,7602	—
1884	25 января	93 21	254 9	74 3	0,7757	0,9550

Таблица орбитъ двойныхъ звѣздъ по новѣйшимъ опредѣленiямъ.

№	Названiе двойныхъ звѣздъ	Время обращенiя въ годахъ	Перiастръ	Перiастръ узла	Узелъ	Наклоненiе	Эксцентрицит.	Большая полуось	Вычислитель
1	ϰ Pegasi	11,42	1896,03	$89,0^0$	$116,3^0$	$81,2^0$	0,490	0,42″	See
2	δ Equulei	11,478	1892,03	26,6	24,0	81,7	0,201	0,41	Вроблевскiй
3	β Delphini	16,955	1868,850	220,9	10,9	61,6	0,096	0,46	Celoria
4	ζ Sagittarii	18,69	1882,86	—	83,7	—	0,170	0,53	Gore
5	9 Argus	22,0	1892,3	75,3	95,5	77,7	0,700	0,65	See
6	85 Pegasi .	24,0	1883,80	256,4	116,3	55,6	0,388	0,89	See
7	42 Comae Beren.	25,56	1885,69	280,5	11,9	90,0	0,461	0,64	See
8	ζ Herculis .	34,411	1864,785	252,7	41,7	43,2	0,463	1,28	Doberck
9	В. Струве 3121	34,649	1878,520	129,4	24,8	75,4	0,309	0,67	Celoria
10	Procyon	39,972	—	—	—	—	—	0,70	L. Struve & Au-
11	η Coronae bor.	41,562	1850,792	218,6	25,7	59,7	0,267	0,89	Doberck [wers
12	μ^1 Herculis BC.	45,0	1879,8	180,0	61,4	64,3	0,219	1,39	See
13	В. Струве 2173 .	45,4	1872,9	7,3	152,7	80,5	0,135	1,01	Dunér
14	Sirius	49,399	1843,275	18,9	62,0	47,1	0,615	2,33	Auwers
15	τ Cygni. . .	53,87	1863,99	205,4	83,0	44,7	0,347	1,19	Gore
16	γ Androm. BC	54,0	1892,1	200,1	113,4	77,8	0,857	0,37	See
17	μ^2 Herculis	54,25	1877,3	156,2	57,9	60,7	0,302	1,46	Doberck
18	γ Coron. austr.	55,582	1882,774	75,4	229,1	111,4	0,699	2,40	Скiапарелли
19	О. Струве 298	56,65	1882,857	21,9	2,1	65,8	0,584	0,88	Celoria
20	ζ Cancri	60,327	1868,022	109,7	81,5	15,5	0,391	0,85	Seeliger
21	ξ Urs. maj.	60,72	1815,20	128,6	102,8	56,3	0,381	2,62	R. Wolf
22	О. Струве 234	63,45	1881,15	72	124,2	47,3	0,363	0,34	Gore
23	О. Струве	76,67	1882,53	162,2	66,2	41,9	0,470	0,397	See
24	α Centauri.	87,44	1875,447	49,0	25,8	79,8	0,544	18,89	Powell
25	γ Centauri.	88,00	1848	194,3	4,6	62,15	0,800	1,02	See
26	О. Струве 235	94,41	1839,10	134,9	99,6	54,4	0,500	0,98	Doberck
27	70 p Ophiuchi .	94,44	1808,90	151,9	127,4	58,1	0,467	4,79	Pritchard
28	γ Coron. bor.	95,50	1843,70	233,5	110,4	85,2	0,350	0,70	Doberck
29	ξ Librae	95,90	1859,62	89,3	12,2	68,7	0,077	1,26	Doberck
30	О. Струве 208	97,0	1884	15,9	160,3	30,5	0,440	0,34	See
31	В. Струве 3062	102,943	1835,508	92,1	39,1	32,2	0,447	1,27	Doberck
32	ξ Scorpii	104,00	1864,6	111,6	9,5	70,3	0,131	1,36	See
33	ω Leonis	110,82	1841,81	64,1	148,8	121,1	0,536	0,89	Doberck
34	p Eridani	117,51	1817,51	327,2	81,7	44,7	0,378	3,82	Casey
35	25 Canum .	184,0	1866	201,0	123,0	33,5	0,752	1,131	See
36	λ Ophiuchi	122,51	1800,759	111,1	65,8	68,4	0,819	0,809	Seeliger
37	ξ Bootis.	128	1903,9	239,2	10,5	52,3	0,721	5,558	See
38	4 Aquarii	129,84	1751,96	235,0	340,2	56,6	0,461	0,717	Doberck
39	Θ^2 Eridani .	139,0	1863,88	354,4	146,3	76,33	0,136	5,99	Gore
40	О. Струве 400	170,37	1882,09	43,5	146,3	37,0	0,669	0,59	Gore
41	В. Струве 2107	186,21	1893,33	104,1	186,8	45,9	0,387	1,00	Berberich
42	14ι Orionis	190,5	1959,1	302,7	99,6	44,95	0,246	1,22	Gore
43	γ Virginis .	194,0	1836,5	270	50,4	31,0	0,897	3,989	See
44	η Cassiop	195,7	1907,8	217,9	46,1	46,0	0,514	8,213	See
45	μ^2 Bootis .	219,4	1865,3	329,7	163,8	43,9	0,537	1,268	See
46	τ Ophiuchi	230	1815	18,0	76,4	57,6	0,592	1,249	See
47	44 Bootis	261,12	1783,01	1,3	65,5	70,1	0,71	3,093	Doberck
48	36 Androm	316,07	1801,73	115,7	93,8	51,9	0,654	1,65	Doberck

№	Названіе двойныхъ звѣздъ	Время обращенія въ годахъ	Періастръ	Періастръ узла	Узелъ	Наклоненіе	Эксцентрицит.	Большая полуось	Вычислитель
49	В. Струве 1819	340,1	1797,0	348,9	156,4	37,5	0,305	1,46	Casey
50	σ Coron. bor.	370	1821,8	47,7	30,5	47,5	0,540	3,819	See
51	В. Струве 1757	401,0	1797,42	315,5	344,7	29,5	0,508	2,29	Casey
52	γ Leonis	407,04	1741,00	195,4	111,6	43,1	0,733	1,98	Doberck
53	δ Cygni	415,11	1904,10	203,0	91,1	37,8	0,286	2,31	Behrmann
54	12 Lyncis	485,8	1716	93,6	166,5	46,1	0,229	1,64	Gore
55	μ Draconis.	648	1940,35	—	—	—	0,493	3,38	Berberich
56	61 Cygni	782,6	1468,2	288,3	341,1	63,9	0,174	29,5	C. F. W. Peters
57	α Geminorum	1001,21	1749,75	297,2	27,8	44,5	0,329	7,43	Doberck
58	ζ Aquarii	1578,3	1924,15	134,7	140,9	44,7	0,652	7,65	Doberck

See даетъ слѣдующія времена обращенія: для № 3: 27 лѣтъ, № 14: 52 года, № 22: 77 лѣтъ, № 24: 81 годъ, № 27: 88 лѣтъ, № 28: 73 года, № 33: 116 лѣтъ.

11. Аберрація свѣта и параллаксы неподвижныхъ звѣздъ.

Послѣ открытія Ньютономъ всемірнаго тяготѣнія, конечно, уже не требовалось дальнѣйшихъ доказательствъ движенія земли вокругъ солнца. Но не то было въ періодъ времени отъ Коперника до Ньютона. Всѣмъ извѣстно, какую ожесточенную борьбу пришлось вести изъ-за системы Коперника. Слова Галилея „e pur se muove“ для истекшихъ столѣтій служили боевымъ лозунгомъ. Галилей (см. портретъ на стр. 620) былъ самымъ горячимъ борцомъ за новое ученіе. Теперь, спокойно обсуждая этотъ вопросъ, можно даже сказать, что онъ былъ слишкомъ горячимъ, слишкомъ отчаяннымъ борцомъ, и, несомнѣнно, только вслѣдствіе отчаяннаго ожесточенія, съ какимъ Галилей преслѣдовалъ всѣхъ, кто выступалъ противъ его воззрѣній, возникли тѣ роковыя недоразумѣнія, благодаря которымъ произведеніе Коперника попало въ индексъ, т. е. въ перечень сочиненій, признанныхъ папою вредными и еретическими. Коперникъ былъ каноникомъ католическаго прихода въ Фрауенбургѣ и былъ особенно любимъ папою Павломъ III. Послѣдній охотно согласился принять посвященіе знаменитаго труда Коперника „De revolutionibus orbium coelestium“. Трудъ этотъ появился, однако, въ печати только послѣ смерти Коперника въ 1543 г. Слѣдующій папа, Григорій XIII, также ничего не имѣлъ противъ, когда, при разработкѣ реформы календаря, введенной имъ, пользовались таблицами, вычисленными на основаніи системы Коперника. Самъ Галилей, въ расцвѣтъ его дѣятельности, былъ въ высокомъ почетѣ въ Римѣ. Повидимому, роковой поворотъ наступилъ здѣсь только тогда, когда Галилей вступилъ съ іезуитомъ Шейнеромъ въ крайне горячій споръ о первенствѣ открытія солнечныхъ пятенъ.

Начавшееся вслѣдъ за этимъ преслѣдованіе ученія Коперника,—на что самъ папа согласился, повидимому, весьма неохотно, — направлено было вначалѣ, главнымъ образомъ, противъ наиболѣе горячаго защитника этого ученія, Галилея, и только сравнительно позже приняло болѣе широкіе размѣры. Далеко не одни католики принимали участіе въ этомъ преслѣдованіи. Говорятъ, что Лютеръ, сказалъ о Коперникѣ: „дуракъ хочетъ перевернуть все астрономическое искусство, а священное писаніе говоритъ намъ, что Іисусъ Навинъ остановилъ солнце, а не землю“. Меланхтонъ считалъ это ученіе столь безбожнымъ, что, по его мнѣнію, власти должны бороться съ нимъ. Конечно, нельзя не жалѣть глубоко несчастнаго Га-

лилея, который, семидесятилѣтнимъ дряхлымъ старцемъ, долженъ былъ подъ угрозой пытки (по всему, что только извѣстно, физически онъ не пострадалъ) отречься публично отъ ученія, за истину котораго онъ боролся въ теченіе всей жизни. Однако, судя безпристрастно, надо согласиться, что всѣхъ этихъ внутреннихъ мученій ему, конечно, не пришлось бы пе-



Галилео Галилей, род. въ Пизѣ въ 1564 г., ум. въ Арчетри около Флоренціи въ 1642.
Съ портрета, относящагося къ 1624 г.

режить, если бы въ неравной борьбѣ онъ прибѣгалъ къ менѣе рѣзкимъ средствамъ. Вѣроятно, ученіе Коперника никогда не подверглось-бы серьезному преслѣдованію, еслибы въ защиту его не выступилъ такой рѣзкій защитникъ, какъ Галилей. Заступничество Галилея повело къ такимъ мѣрамъ, что сочиненіе Коперника, попавшее въ индексъ въ 1616 г., было исключено изъ него только въ 1835 г. вмѣстѣ съ остальными сочиненіями, написанными въ защиту новой системы міра.

Среди этой борьбы было въ высшей степени важно найти для новаго ученія какъ можно болѣе наглядныя подтвержденія. Конечно, ревностнѣе всего отыскивалъ ихъ самъ Галилей. Большое значеніе въ этомъ отношеніи имѣло открытіе спутниковъ Юпитера, которое ему удалось

сдѣлать въ 1610 году при помощи устроеннаго имъ телескопа. Передъ глазами изслѣдователя здѣсь ясно видны были 4 звѣзды, которыя вращались вокругъ центральнаго свѣтила, съ своей стороны обладавшаго движеніемъ. Такимъ образомъ, найдено было вторичное центральное движеніе, — точная копія солнечной системы, какою представлялась послѣдняя согласно новому ученію. Врагамъ этого ученія открытіе было очень не по душѣ, и разсказываютъ, что нѣкоторые изъ нихъ не хотѣли даже брать въ руки зрительной трубы, чтобы не впасть въ соблазнъ и не поколебать своего излюбленнаго стараго міровоззрѣнія, въ которомъ они уже посѣдѣли. Но строгимъ доказательствомъ движенія земли присутствіе спутниковъ Юпитера все-таки не могло быть.

Галилей, однако, ясно представилъ себѣ способъ, какимъ можно было-бы съ полною точностью доказать, что наша земля описываетъ во вселенной въ теченіе года кругъ относительно нѣкотораго неподвижнаго центра. Онъ говоритъ въ своихъ знаменитыхъ діалогахъ, что „когда-нибудь надъ неподвижными звѣздами сдѣлаютъ наблюденія, которыя представятъ указанія на движеніе земли, такъ какъ невѣроятно, чтобы всѣ неподвижныя звѣзды находились отъ насъ на одинаковомъ разстояніи“. Какъ извѣстно, такъ должно быть по системѣ Птоломея, по которой всѣ звѣзды прикрѣплены къ одной и той-же неподвижной сферѣ, primum mobile. Если-же въ дѣйствительности онѣ находятся отъ насъ на неодинаковыхъ разстояніяхъ, то въ ихъ взаимныхъ положеніяхъ должны обнаруживаться перспективныя измѣненія, повторяющіяся ежегодно совершенно одинаково для каждой звѣзды; другими словами, долженъ существовать годичный параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ, какъ существуетъ суточный параллаксъ для луны и планетъ, съ чѣмъ мы познакомились уже раньше. Подобно тому, какъ, вслѣдствіе суточнаго вращенія земли, мѣсто свѣтила, не слишкомъ удаленнаго, видимо измѣняется относительно неподвижныхъ звѣздъ, разстояніе которыхъ мы принимаемъ безконечно большимъ, и величина этого перспективнаго смѣщенія опредѣляется отношеніемъ разстоянія свѣтила къ величинѣ земного поперечника (см. стр. 520), такъ же точно и неподвижныя звѣзды должны обнаруживать кажущіяся перемѣщенія, величина которыхъ опредѣляется отношеніемъ ихъ разстоянія къ поперечнику земной орбиты. Обращеніе земли вокругъ солнца даетъ намъ новый громадный базисъ въ 300,000,000 клм., которымъ мы можемъ измѣрять разстоянія во вселенной.

Весьма легко представить, какими должны казаться видимыя движенія неподвижной звѣзды вслѣдствіе параллакса. Для этой цѣли мысленно перенесемся на эту звѣзду. Если-бы въ нашемъ распоряженіи были достаточныя оптическія средства, то солнце и земля казались-бы намъ системой двойной звѣзды, въ которой истинная орбита спутника не отличалась-бы отъ круга. Мы знаемъ (см. стр. 610), что, съ какой-бы стороны мы ни смотрѣли на эту орбиту, она всегда образуетъ эллипсъ, въ центрѣ котораго (но не въ фокусѣ) находится солнце. Большая ось этого проэкціоннаго эллипса, во всякомъ случаѣ, равна большой оси истинной орбиты, усматриваемой съ соотвѣтственнаго разстоянія; ея величина не измѣняется отъ угла зрѣнія. Слѣдовательно, мы можемъ представить себѣ всегда длинный прямоугольный треугольникъ, одна сторона котораго равна разстоянію звѣзды отъ земли d, другая образована радіусомъ земной орбиты R. Между обѣими величинами и угломъ π, подъ какимъ виденъ со звѣзды радіусъ земной орбиты R, мы получимъ отношеніе: $R = d \tan \pi$. Не трудно видѣть, что и обратно, на тотъ-же самый уголъ π данная звѣзда должна перемѣщаться въ теченіе года на небесномъ сводѣ при наблюденіи ея съ земли; слѣдовательно, этотъ послѣдній уголъ равенъ искомому годичному параллаксу. Поэтому всѣ неподвижныя звѣзды должны описы-

вать небольшіе эллипсы, величина которыхъ зависитъ отъ ихъ разстоянія, а форма — отъ ихъ положенія относительно земной орбиты. Со звѣзды, для которой линія, соединяющая ее съ солнцемъ, перпендикулярна плоскости эклиптики (имѣетъ 90^0 эклиптической широты), земная орбита представляется кругомъ; параллактическое движеніе звѣзды должно имѣть ту-же форму. Для звѣзды, лежащей въ плоскости эклиптики, наоборотъ, движеніе звѣзды представится только линіей, по которой планета наша движется подобно маятнику, дѣлая одинаковый размахъ въ ту и другую сторону отъ солнца. Поэтому параллаксъ для всѣхъ звѣздъ, лежащихъ на эклиптикѣ или вблизи ея, долженъ представляться линіей. Между этими крайностями лежатъ эллипсы, для которыхъ отношенія осей (эксцентрицитетъ) зависитъ только отъ ихъ эклиптической широты, т. е. можетъ быть вычисленъ напередъ. Величина самихъ осей обусловливается, во всякомъ случаѣ, неизвѣстнымъ разстояніемъ звѣзды d; послѣднее можно найти, опредѣливъ наблюденіемъ уголъ π.

Если бы, дѣйствительно, удалось наблюдать такое кажущееся движеніе звѣздъ, имѣющее опредѣленное отношеніе къ эклиптикѣ и измѣняющееся въ годичный періодъ, тогда мы имѣли-бы неоспоримое доказательство въ пользу движенія земли вокругъ солнца. Галилей полагалъ, что такія перемѣщенія, можетъ быть, удастся обнаружить, наблюдая исчезновеніе какой-нибудь яркой звѣзды за очень отдаленной башней, если производить наблюденія надъ ея положеніемъ въ различныя времена года. Это предложеніе показываетъ только, какою небольшою представлялась вселенная даже этому великому мыслителю. Когда начали производить измѣренія при помощи телескопа, то изслѣдователи новаго ученія на отрицательныхъ результатахъ наблюденій убѣдились, какъ необычайно широко раздвинулась область изслѣдованія съ открытіемъ Коперника. Зато противники новаго ученія въ своихъ нападкахъ чувствовали почву подъ ногами, благодаря полному отсутствію параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ. Говорятъ, что Ньютонъ, ожидая новаго неуспѣха, помѣшалъ привести въ исполненіе планъ, состоявшій въ томъ, чтобы установить большой объективъ на башнѣ собора св. Павла въ Лондонѣ. Такимъ образомъ разсчитывали получить неизмѣнную визирную линію, идущую къ звѣздѣ, которая передъ тѣмъ уже была примѣнена для той же цѣли. Гукъ, горячій противникъ Ньютона, неподвижно установилъ телескопъ, длиною въ 12 метровъ, чтобы найти при помощи его перемѣщеніе одной звѣзды въ теченіе года. Все было напрасно. Всѣ послѣдующія усовершенствованія наблюдательнаго искусства до временъ Бесселя оставались безуспѣшными. Датчанинъ Ремеръ, уже извѣстный намъ, думалъ, что ему удалось открыть параллаксы неподвижныхъ звѣздъ въ 30, 40 дуговыхъ секундъ, но теперь мы знаемъ, что это были ошибки наблюденія.

При дальнѣйшихъ поискахъ за параллаксами неподвижныхъ звѣздъ случилось нѣчто весьма замѣчательное. Брадлей, бывшій тогда директоромъ Гринвичской обсерваторіи, которая была снабжена прекрасными инструментами, производилъ съ 1725 года тщательныя наблюденія надъ околополярной звѣздой, γ Дракона, видимой въ телескопъ въ теченіе всего года. Онъ старался отыскать ея параллактическое перемѣщеніе. Наблюденія продолжались 3 года и, дѣйствительно, показали, что звѣзда имѣетъ видимое движеніе, которое правильно повторяется въ теченіе каждаго года и происходитъ по эллипсу, большая ось котораго параллельна эклиптикѣ; размахъ видимаго движенія къ востоку и западу былъ весьма значителенъ, именно болѣе половины дуговой минуты. Итакъ, на первый взглядъ представлялось, что здѣсь найденъ параллаксъ и притомъ весьма значительный. Однако оказалось, что движеніе звѣзды по этому эллипсу происходитъ иначе, чѣмъ того требуетъ правило параллактическаго движенія.

Чтобы выяснить это различіе, разсмотримъ звѣзду, которая находится въ плоскости эклиптики. Надо было-бы ожидать, что наибольшее параллактическое отклоненіе звѣзда даетъ тогда, когда, во время ея наблюденія, земля будетъ находиться въ наибольшей восточной или западной элонгаціи отъ солнца. Во время соединенія и противостоянія никакого параллактическаго смѣщенія не можетъ быть, такъ какъ въ этихъ положеніяхъ всѣ три тѣла находятся на одной и той-же линіи. Брадлей-же наблюдалъ на своей звѣздѣ какъ разъ обратное: во время соединеній происходило наибольшее отклоненіе, во время элонгацій—совсѣмъ никакого. Когда впослѣдствіи стали ближе изслѣдовать это замѣчательное явленіе, то нашли, что всѣ звѣзды безъ исключенія обнаруживаютъ то-же самое, и что наибольшее отклоненіе для всѣхъ имѣетъ одинаковую величину. Половина большой оси описаннаго эллипса равняется для всѣхъ звѣздъ $= 20'',5$.

Какъ же объяснить это вновь открытое перемѣщеніе, которое, очевидно, стоитъ въ непосредственной связи съ движеніемъ земли вокругъ солнца? Уже Брадлей нашелъ и правильное объясненіе его: именно, это перемѣщеніе происходитъ отъ извѣстнаго отношенія скорости движенія земли къ скорости свѣта. Въ то время, какъ свѣтовыя лучи, идущіе отъ звѣздъ, проходятъ черезъ нашъ телескопъ, послѣдній движется въ пространствѣ, увлекаемый землею, которая совершаетъ движеніе вокругъ солнца. Поэтому мы встрѣчаемъ свѣтовой лучъ не по тому направленію, какое онъ имѣетъ первоначально, а по діагональному, которое получается изъ обѣихъ соотвѣтственныхъ скоростей по правилу параллелограмма. Свѣтовой лучъ испытываетъ въ телескопѣ смѣщеніе такъ-же точно, какъ ядро, пущенное подъ прямымъ угломъ въ движущійся поѣздъ, смѣщается при прохожденіи черезъ него. Если соединить прямой линіей отверстія, сквозь которыя прошло ядро, въ обѣихъ стѣнкахъ вагона, то эта линія не будетъ перпендикулярна къ стѣнкамъ, хотя первоначальное направленіе ядра и было перпендикулярно имъ. Отклоненіе произойдетъ въ сторону, обратную движенію поѣзда, такъ какъ поѣздъ пройдетъ нѣкоторый путь въ тотъ промежутокъ времени, какой нуженъ ядру, чтобы пролетѣть отъ одной стѣны до другой. Уголъ этого отклоненія легко найти изъ формулы $v = G tg \alpha$, гдѣ v скорость поѣзда, G — скорость ядра, α — искомый уголъ отклоненія.

Эти отношенія мы прямо можемъ перенести на движеніе земли. Возьмемъ опять простѣйшій случай — звѣзду въ плоскости эклиптики. Понятно уже съ перваго взгляда, что описанное явленіе, такъ называемая аберрація свѣта, будетъ представлять наибольшую величину тогда, когда земля, по отношенію къ данной звѣздѣ, будетъ находиться въ соединеніи или противустояніи съ солнцемъ, такъ какъ въ такомъ случаѣ движеніе ея происходитъ подъ прямомъ угломъ къ свѣтовому лучу, соединяющему эти свѣтила. Во время элонгацій, напротивъ, земля движется или прямо по направленію къ звѣздѣ или въ сторону обратную ей, поэтому линія, соединяющая оба свѣтила, не испытываетъ никакого смѣщенія. Если это объясненіе дѣйствительно правильно, то изъ постоянной величины аберраціи, съ помощью выше данной формулы, можно вычислить прямо скорость свѣта, вставивъ вмѣсто G скорость движенія земли по орбитѣ, найденную изъ другихъ данныхъ. Она равна (см. стр. 582) $v = \frac{2\pi r}{u} = G tg \alpha$; слѣдовательно, $G = \frac{2 \times 148\,600\,000 \times 3,1416}{31\,560\,000 \times 0,00009938} = 297,700$ клм. При этомъ разсчетѣ было принято $\alpha = 20'',5$, u выражено въ секундахъ времени, а r въ километрахъ. Найденная величина представляетъ, слѣдовательно, скорость свѣта въ секунду въ километрахъ. Это число прекрасно согласуется съ числомъ, найденнымъ при помощи физическихъ опытовъ въ предѣлахъ земныхъ разстояній, которое мы положили равнымъ почти точно 300,000 клм. Итакъ, абер-

рація свѣта убѣдительнѣйшимъ образомъ доказываетъ, что земля движется въ пространствѣ. Даже скорость этого движенія мы могли бы вычислить съ достаточной точностью, полагая извѣстной скорость свѣта, взятую изъ физическихъ наблюденій. Но такъ какъ скорость движенія земли можно найти съ полною точностью изъ данныхъ, сообщенныхъ въ предыдущей главѣ, то этотъ фактъ оказывается весьма знаменательнымъ въ другомъ отношеніи: постоянная аберрація показываетъ, что лучи, доходящіе изъ отдаленнѣйшихъ областей мірозданія, даютъ намъ ту же величину для скорости свѣта, какая получается въ предѣлахъ нашей солнечной системы или на самой земной поверхности.

Величина постоянной аберраціи опредѣлялась со времени Брадлея много разъ. Однако эта задача наталкивается на затрудненія, такъ какъ видимое движеніе неподвижныхъ звѣздъ является весьма сложнымъ. Въ соотвѣтственныя уравненія надо вводить постоянныя прецессіи и нутаціи въ качествѣ поправокъ. Лучшимъ опредѣленіемъ постоянной аберраціи считается число В. Струве, равное 20″,445.

Между тѣмъ не переставали искать и параллактическихъ перемѣщеній неподвижныхъ звѣздъ. Однако, пришлось отказаться отъ мысли найти ихъ, при помощи абсолютныхъ опредѣленій мѣстъ звѣздъ, въ измѣненіи зенитнаго разстоянія или экваторіальныхъ координатъ (AR и D). Такого рода опредѣленія много зависятъ отъ вліяній перемѣны температуры на постоянныя величины, зависящія отъ телескопа, которымъ производятъ наблюденія. Эти вліянія, конечно, также должны имѣть годичный періодъ, могущій скрыть параллактическое перемѣщеніе и даже превзойти его настолько, что получатся абсурдные отрицательные параллаксы, т. е. будетъ казаться, что звѣзда отстаетъ въ другомъ направленіи, чѣмъ того требуетъ теорія. Послѣ многихъ дальнѣйшихъ напрасныхъ попытокъ, давшихъ весьма неточные результаты, Джонъ Гершель, наконецъ, предложилъ методъ относительнаго измѣренія параллаксовъ. Для этой цѣли надо выбрать оптическую двойную звѣзду, т. е. пару звѣздъ, въ которой не найдено орбитальнаго движенія вокругъ общаго центра тяжести. Въ такомъ случаѣ можно принять, что обѣ звѣзды находятся отъ насъ на различныхъ разстояніяхъ. Выберемъ такія двѣ звѣзды, которыя представляютъ весьма различныя видимыя величины. Напримѣръ, возьмемъ одну звѣзду первой величины, для которой имѣется большая вѣроятность, что она находится къ намъ ближе, и измѣримъ ея разстояніе отъ звѣзды 10 или 11 величины, находящейся въ полѣ зрѣнія телескопа одновременно съ первою. Если мы найдемъ, что это разстояніе мѣняется съ временами года въ смыслѣ параллактическаго движенія, то мы можемъ, конечно, принять, что наибольшую часть этого перемѣщенія надо отнести на долю яркой звѣзды, особенно, если сравненіе яркой звѣзды еще съ третьей, слабой звѣздой показываетъ то-же явленіе. Если же слабая звѣзда, противъ всякой вѣроятности, находится вблизи яркой, то мы не замѣтимъ никакого параллактическаго перемѣщенія. Если же она ближе къ намъ, то для яркой звѣзды мы найдемъ отрицательный параллаксъ. Наоборотъ, если допустить, какъ это вполнѣ естественно, что слабая звѣзда гораздо дальше удалена отъ насъ, чѣмъ яркая, то мы можемъ принять параллаксъ первой ничтожно малымъ, а найденный относительный параллаксъ считать только параллаксомъ одной яркой звѣзды. Измѣренія, требуемыя для этого метода, могутъ быть произведены съ величайшей точностью, какую нынѣ способно дать наше измѣрительное искусство, а результатъ ихъ почти вовсе не зависитъ отъ знанія остальныхъ видимыхъ движеній неподвижныхъ звѣздъ, каковы: прецессія, нутація, аберрація и т. д., такъ какъ въ однѣхъ и тѣхъ-же частяхъ небеснаго свода всѣ онѣ имѣютъ равную величину, т. е. окажутъ одно и то-же дѣйствіе на обѣ звѣзды и не

войдутъ въ найденную разность. Для опредѣленія-же параллакса требуется только эта послѣдняя. Относительно инструментальныхъ ошибокъ также можно допустить, что онѣ, поскольку онѣ не поддаются измѣренію, одинаково вліяютъ на обѣ звѣзды, видимыя въ телескопъ одновременно.

Здѣсь мы имѣемъ дѣло съ такими тончайшими измѣреніями, которыя только послѣ многолѣтнихъ безпрерывныхъ наблюденій могутъ дать сколько-нибудь достовѣрный результатъ. Поэтому уже напередъ можно сказать, что изслѣдовать въ отношеніи параллактическаго движенія можно только незначительное число звѣздъ. Изъ данной выше формулы легко найти, что параллаксъ въ одну дуговую секунду соотвѣтствуетъ разстоянію звѣзды болѣе 200,000 радіусовъ земной орбиты. Величина въ одну сотую секунды, за которую при такихъ измѣреніяхъ уже никакъ нельзя ручаться, измѣняетъ найденное разстояніе неподвижной звѣзды на 2000 $\times$ 150,000,000 клм. Итакъ, при прямыхъ измѣреніяхъ пространствъ, наполненныхъ неподвижными звѣздами, мы, во всякомъ случаѣ, будемъ имѣть дѣло съ весьма большими неточностями. Спрашивается теперь, какъ же сдѣлать выборъ среди милліоновъ звѣздъ, т. е. какія звѣзды будутъ ближайшими къ намъ. Несомнѣнный признакъ близости, основанный на теоріи вѣроятностей, представляетъ ихъ яркость; объ этомъ мы говорили уже въ первой части (стр. 322). Но, само собою разумѣется, это не исключаетъ возможности, что существуютъ нѣкоторыя особенно яркія звѣзды, которыя тѣмъ не менѣе, будутъ гораздо дальше отъ насъ, чѣмъ въ среднемъ звѣзды первой величины, хотя послѣднія и имѣютъ значительную яркость. Ближайшія звѣзды можно узнать, если изслѣдовать незначительное число всѣхъ звѣздъ первой величины въ отношеніи параллакса. Но могутъ быть и такіе случаи, когда звѣзды, имѣющіе весьма незначительный блескъ, находятся сравнительно близко къ намъ. Такъ какъ въ мірѣ всюду малые индивидуумы встрѣчаются чаще большихъ, то напередъ можно сказать, что случаи такого рода, когда малыя звѣзды имѣютъ большой параллаксъ, будутъ далеко нерѣдкими. Но какъ-же отыскать ихъ среди милліоновъ звѣздъ? Для рѣшенія даннаго вопроса существуетъ еще одно основаніе, именно, собственное движеніе неподвижныхъ звѣздъ, о которомъ подробнѣе мы будемъ говорить въ слѣдующей главѣ. Если размѣры собственнаго движенія особенно велики, то можно заключить, что звѣзда находится не очень далеко отъ насъ.

Таковы были соображенія, руководясь которыми, Бессель въ первый разъ успѣшно произвелъ измѣреніе параллакса. Двойная звѣзда 61 въ Лебедѣ, обѣ составляющія которой 6 величины, обнаруживаетъ очень значительное собственное движеніе. Именно, обѣ звѣзды, разстояніе между которыми равно приблизительно 21 дуговой секундѣ, совершаютъ по небесному своду движенія, почти въ точности параллельныя. Относительно другъ друга онѣ или вовсе не обнаруживаютъ никакого перемѣщенія или крайне незначительное. Поэтому, если бы при ихъ почти одинаковомъ блескѣ, можно было считать ихъ оптически двойной звѣздой, одна составляющая которой удалена отъ насъ гораздо дальше другой и, слѣдовательно, на самомъ дѣлѣ гораздо больше, то пришлось бы допустить, что въ дѣйствительности отдаленная звѣзда значительно ярче ближайшей: только въ этомъ случаѣ онѣ могли бы имѣть одинаковый видимый блескъ. Далѣе, для того, чтобы обѣ звѣзды могли сохранять одно и тоже относительное разстояніе, видимое съ нашей точки наблюденія, отдаленная звѣзда должна была бы обладать болѣе значительнымъ собственнымъ движеніемъ, соотвѣтственнымъ бо́льшему разстоянію. Подобное совпаденіе было бы весьма невѣроятно, и, дѣйствительно, изъ опредѣленія орбиты, выведенной К. Ф. Петерсомъ изъ измѣреній, произведенныхъ между 1828 и 1878 годами, получается время обращенія приблизительно въ 800 лѣтъ, что ясно указываетъ на физическое свойство этой двойной звѣзды.

Бессель нашелъ параллаксъ этой двойной звѣзды равнымъ 0″,348. Позднѣе онъ былъ опредѣленъ много разъ, именно О. Струве, Ауверсомъ, Джонсономъ, Бауомъ, а въ новѣйшее время Вильзингомъ и Якоби. Найдены были очень несогласныя величины въ предѣлахъ 0″,564 (Ауверсъ) и 0″,192 (Джонсонъ). Уже Ауверсъ утверждалъ, что эти наблюденія невозможно согласовать между собою, а Вильзингъ сравненіемъ 110 фотографическихъ снимковъ, обнимавшихъ періодъ въ 22 мѣсяца, нашелъ, что относительный параллаксъ этой замѣчательной двойной звѣзды испытываетъ значительныя дѣйствительныя періодическія колебанія. Изъ этого, конечно, еще не вытекаетъ, чтобы разстояніе этой звѣзды отъ насъ сильно измѣнялось. Скорѣе надо допустить, что разстоянія обѣихъ звѣздъ другъ отъ друга подвержены періодическимъ измѣненіямъ, причина которыхъ можетъ опять-таки лежать въ темныхъ массахъ, производящихъ возмущеніе въ движеніи видимыхъ звѣздъ.

Если мы примемъ параллаксъ 61 Cygni равнымъ 0″,5, то изъ него слѣдуетъ разстояніе круглымъ числомъ въ 400,000 радіусовъ земной орбиты. Свѣтъ проходитъ путь одного солнечнаго разстоянія приблизительно въ 500 секундъ. Слѣдовательно, ему надо около 200,000,000 секундъ, чтобы дойти отъ этихъ звѣздъ до насъ. Одинъ годъ содержитъ, круглымъ числомъ 31,6 милліоновъ секундъ, слѣдовательно свѣту надо 6½ лѣтъ, чтобы достичь отъ 61 Cygni до насъ. Непривычнаго человѣка эти ужасныя разстоянія повергаютъ въ изумленіе. Но соображенія, изложенныя здѣсь, служатъ, намъ кажется, достаточно убѣдительнымъ доказательствомъ, что эти данныя представляютъ во всякомъ случаѣ еще низшій предѣлъ. Неоднократно произведенныя измѣренія показали вполнѣ точно, что всѣ параллактическія отклоненія неподвижныхъ звѣздъ представляютъ крайне малыя величины. Ни одинъ изъ этихъ угловъ, даже приблизительно, не достигаетъ величины одной дуговой секунды, несмотря на примѣненія самыхъ точныхъ измѣрительныхъ методовъ нашего времени. Только одна звѣзда изъ двухъ, приблизительно, десятковъ, изслѣдованныхъ въ этомъ отношеніи, имѣетъ бóльшій параллаксъ, чѣмъ 61 Cygni: это *α* Centauri, находящаяся на южномъ полушаріи. Прежнія наблюденія 30 и 40 годовъ дали для этой физической двойной звѣзды параллаксъ почти въ 1 секунду. Позднѣе Элкинъ на мысѣ Доброй Надежды для этой величины нашелъ всего 0″,47, а въ послѣднее время (1895 г.) А. В. Робертсъ опубликовалъ результаты наблюденій надъ этою звѣздою, которыя даютъ для ея параллакса величину 0″,71 съ вѣроятною ошибкой въ 0″,05. Поэтому можно думать, что *α* Centauri, дѣйствительно, ближе находится къ намъ, чѣмъ 61 Cygni. Въ такомъ случаѣ это будетъ ближайшее къ намъ солнце послѣ нашего. Считая параллаксъ въ 0,″71 правильнымъ, мы получимъ изъ него разстояніе въ 290,000 радіусовъ земной орбиты, или въ 4,6 свѣтовыхъ года.

Принявъ въ расчетъ эти данныя, мы можемъ познакомиться ближе съ характеромъ этой двойной звѣздной системы. Именно, мы можемъ выразить разстояніе спутника отъ главной звѣзды въ радіусахъ земной орбиты, т. е. въ извѣстной намъ мѣрѣ. Разсчетъ производится при помощи той же самой формулы, съ какою мы вычисляли параллаксы. Вмѣсто параллактическаго угла мы поставимъ только разстояніе обѣихъ составляющихъ. Назовемъ r радіусъ орбиты *α* Centauri, выраженный въ солнечномъ разстояніи, и a — видимое разстояніе обѣихъ составляющихъ. Тогда мы получимъ уравненіе $r = d \tan a$. Для параллакса, напротивъ, имѣемъ $R = d \tan \pi$. Соединяя въ одно оба выраженія и принимая въ разсчетъ, что тригонометрическія функціи очень малыхъ угловъ относятся какъ сами углы, мы получаемъ $r = a : \pi$. По опредѣленію орбиты, произведенному Гилемъ, большая полуось орбиты этой двойной звѣзды равняется 17″,2. Раз-

дѣливъ эту величину на параллаксъ, мы получимъ для разстоянія спутника величину 24,2 радіуса земной орбиты. Слѣдовательно, онъ находится отъ главной звѣзды на нѣсколько меньшемъ разстояніи, чѣмъ Нептунъ отъ солнца.

Зная это разстояніе, мы можемъ вычислить также и ту силу, съ какой дѣйствуетъ главная звѣзда на спутникъ, такъ какъ намъ извѣстно, что время обращенія его равно 80,34 годамъ. Изъ сдѣланнаго нами вывода начала Ньютона (см. стр. 584 и сл.) легко найти, что отношеніе путей, проходимыхъ двумя различными свѣтилами, находящимися подъ вліяніемъ притяженія центральныхъ массъ, на одномъ и томъ же разстояніи r, выражаются тою же формулой, какъ и третій законъ Кеплера. Это значитъ, что если тѣло на разстояніи r отъ солнца имѣетъ время обращенія u, а другое тѣло въ другой солнечной системѣ на томъ же разстояніи r имѣемъ время обращенія u_1, то отношеніе силъ притяженія въ обѣихъ системахъ на разстояніи r выражается формулою $r^3 : u_1^2$. Въ данномъ случаѣ мы находимъ, что масса *α* Centauri равна $\frac{24{,}2 \times 24{,}2 \times 24{,}2}{80{,}34 \times 80{,}34} = 2{,}2$ массы солнца. Итакъ, въ этой солнечной системѣ, наиболѣе близкой къ намъ изъ всѣхъ, мы имѣетъ тѣже самыя отношенія, что и въ нашей. Солнце *α* Centauri имѣемъ только вдвое бо́льшую массу сравнительно съ массою нашего солнца, и такъ какъ, при условіи одинаковой плотности, поперечники возрастаютъ, какъ кубическіе корни изъ этихъ массъ, то поперечникъ этого солнца почти на одну четверть больше нашего. При такихъ условіяхъ видимый поперечникъ этого ближайшаго изъ всѣхъ солнцъ долженъ быть равенъ 0″,006. Нечего въ виду этого удивляться, что до сихъ поръ всѣ неподвижныя звѣзды оказываются для насъ совсѣмъ лишенными поперечника.

Не надо, однако, забывать, что ошибка въ опредѣленіи параллакса входитъ въ опредѣленіе массы въ третьей степени. Результатъ разсчета даетъ въ случаѣ *α* Centauri неточность только въ 0″,05. Если же мы расширимъ соотвѣтственные предѣлы чтобы лучше уяснить дѣло, и допустимъ, что параллаксъ колеблется между 0″,5 и 1″, то получимъ для массы *α* Centauri предѣлы между 1 и 6 массами солнца. Во всякомъ случаѣ нельзя не считать изумительнымъ торжествомъ человѣческаго ума того факта, что мы можемъ взвѣшивать солнце, свѣту котораго нужны годы, чтобы принести намъ вѣсти о существованіи этого солнца и о видимомъ и истинномъ движеніяхъ его; изъ этихъ-то вѣстей мы и дѣлаемъ наши выводы. Какъ прежде мы сравнивали вѣсъ солнца съ вѣсомъ земли, а вѣсъ земли съ вѣсомъ 1 кгр. въ нашей рукѣ, такъ мы можемъ выразить въ тоннахъ вѣсъ далекаго солнца въ Центаврѣ, съ ошибкою, равною въ ту и въ другую сторону тройному вѣсу свѣтила.

Прилагаемая таблица заключаетъ параллаксы неподвижныхъ звѣздъ, которые заслуживаютъ наибольшаго довѣрія изъ опредѣленныхъ до сихъ поръ.

Параллаксы неподвижныхъ звѣздъ.

Обозначеніе звѣзды	Параллаксъ	Изслѣдователь	Обозначеніе звѣзды	Параллаксъ	Изслѣдователь
61 Cygni	0,314″	Bessel	61_2 Cygni	0,435″	Pritchard
	0,348	»	*α* Lyrae	0,261	В. Струве
	0,360	Peters		0,103	Peters
	0,349	»		0,147	О. Струве
	0,564	Auwers		0,206	Brünnow
	0,468	Ball		0,134	Hall
	0,270	A. Hall		0,034	Elkin
	0,429	Pritchard	*α* Bootis	0,127	Peters
	0,525	Бѣлопольск.		0,018	Elkin

Обозначеніе звѣзды	Параллаксъ	Изслѣдователь	Обозначеніе звѣзды	Параллаксъ	Изслѣдователь
α Ursae min	0,106″	Peters	Procyon	0,398″	Л. Струве
	0,076	B. Струве		0,240	Auwers
	0,015	L. de Ball	ε Indi.	0,22	Gill и Elkin
Capella (α Aurigae).	0,046	Peters	α Orionis	0,022	Elkin
	0,017	Elkin	α Aquil. (Atair)	0,181	B. Струве
	0,095	„		0,214	Elkin
1830 Groombr.	0,226	Peters	α Cygni	0,012	„
	0,166	Schlüter	ε Ursae maj.	0,081	Pritchard
	0,114	Wichmann	α Ursae maj.	0,046	
	0,034	O. Струве	α Persei	0,087	
	0,097	Brünnow	β Tauri	0,063	
α Centauri	0,913	Henderson и Maclear	β Aurigae	0,062	
	0,919		α Androm.	0,058	
	0,521	Moesta	α Arietis.	0,080	
	0,75	Gill и Elkin	γ Cassiop.	0,012	
β Centauri	0,173	Moesta	β Androm.	0,074	
	0,00	Gill	β Leonis	0,029	
ι Ursae maj.	0,133	Peters	β Ursae min.	0,022	
70 p Ophiuchi	0,162	Krüger	γ Cygni	0,102	
	0,286	Schur	β Cassiop.	0,164	
Lal. 21 258	0,260	Krüger	α Cassiop.	0,036	
	0,262	Auwers	β Persei (Algol)	0,058	„
Lal. 21 185	0,501	Winnecke		0,036	Chase
	0,428	Kapteyn	β Ursae maj.	0,080	Pritchard
Oeltzen 7415.	0,247	Krüger	γ Ursae maj.	0,099	
Oeltzen 11 677	0,242	Geelmuyden	ε Pegasi	0,080	
	0,100	Franz	α Pegasi.	0,082	
34 Groombr.	0,307	Auwers	α Cephei.	0,062	
o Draconis	0,246	Brünnow	ε Cygni	0,128	„
85 Pegasi	0,054		ϑ Ursae maj.	0,052	Kapteyn
3077 Bradley	0,055	„	α Herculis	0,050	Jacob
	0,205	Баклундъ	δ Herculis	0,084	Leavenworth
	0,283	Gylden	π Herculis	0,11	Бѣлопольск.
γ Draconis	0,092	Auwers	η Cassiop.	0,234	B. Струве
	0,050	Pritchard		0,257	Schweizer
Aldebaran (α Tauri).	0,516	Ждановъ		0,443	Davis
	0,116	Elkin	η Herculis	0,40	Бѣлопольск.
	0,102	A. Hall	10 Ursae.	0,20	„
Cygni 6 Bode	0,482	R. S. Bail	ϑ Cassiop	0,232	Jacoby
ζ Tucani	0,06	Elkin	δ Ursae min.	0,034	L. de Ball
ε Eridani	0,14		δ Equulei	0,035	Leavenworth
Canopus (α Navis)	0,03		ν^1 Dracon.	0,32	Бѣлопольск
	0,028	„	ν^2 Dracon.	0,28	
o_2 Eridani	0,17	Gill	μ Cassiop.	0,342	O. Струве
	0,223	A. Hall		0,036	Pritchard
α Leonis	0,093	Elkin		0,275	Jacoby
β Geminorum	0,068	„	51 H. Cephei	0,027	L. de Ball
Sirius	0,150	Maclear и Henderson	20 Leon. min.	0,062	Kapteyn
	0,193		1618 Groombr	0,324	Ball
	0,38	Gill и Elkin		0,176	Kapteyn
	0,266	Elkin	9352 Lacaille	0,285	Gill
			Struve 2398.	0,353	Lamp

Въ этой таблицѣ кромѣ α Centauri еще есть нѣсколько звѣздъ, которыя вмѣстѣ съ тѣмъ представляютъ двойныя звѣзды и къ которымъ слѣдовательно также можно примѣнить вышеприведенный разсчетъ. Весьма замѣчательно, что ни разу не была найдена масса, величина которой значительно отличалась бы отъ массы солнца. Напр. для звѣзды η Cassiopejae масса системы оказывается равной 8,4 массамъ солнца, изъ нихъ 6,6 приходится на долю главной звѣзды, 1,8 — на долю спутника. Въ двойной звѣздѣ 70 Ophiuchi найденная масса превышаетъ массу нашего солнца втрое. Самымъ громаднымъ изъ всѣхъ изслѣдованныхъ въ этомъ отношенiи солнцъ оказывается Сирiусъ, звѣзда, которая представляетъ вмѣстѣ съ тѣмъ самую большую изъ видимыхъ нами звѣздъ, т. е. наиболѣе яркую. Масса главной звѣзды равна 13,8 массъ солнца, масса спутника—6,7. На то несоотвѣтствiе, какое представляютъ свѣтовыя отношенiя обѣихъ звѣздъ, было уже указано. Точка, почти исчезающая въ лучахъ могучаго далекаго солнца, по нашей оцѣнкѣ, какъ оказывается, имѣетъ силу свѣта въ 5 — 16 тысячъ разъ меньше, чѣмъ главная звѣзда, тогда какъ размѣрами этотъ спутникъ превышаетъ почти въ семь разъ размѣры нашего гигантскаго центральнаго свѣтила.

Къ двойнымъ звѣздамъ съ параллаксомъ въ послѣднее время присоединенъ еще Процiонъ. Разстоянiе, на какомъ Шеберле нашелъ спутникъ, хорошо согласуется съ расчетомъ, произведенномъ Ауверсомъ на основанiи колебанiй собственнаго движенiя звѣзды. Этотъ разсчетъ для радiуса орбиты даетъ величину почти въ одну дуговую секунду. Если параллаксъ этой звѣзды, равный 0″,24, близокъ къ истинѣ, то принимая въ разсчетъ время обращенiя свѣтила, равное приблизительно 40 годамъ, мы находимъ весьма малую массу, равную по величинѣ едва $^1/_{20}$ части массы солнца. Однако, въ данномъ случаѣ весьма вѣроятно, что принятый параллаксъ слишкомъ великъ. Тогда масса должна быть больше. Во всякомъ случаѣ тѣ весьма немногiя попытки, которыя мы могли сдѣлать, съ цѣлью опредѣлить отношенiе массъ неподвижныхъ звѣздъ къ массѣ солнца, свидѣтельствуютъ, что и въ этомъ смыслѣ существуетъ родство далекихъ солнцъ съ нашимъ.

Было бы въ высшей степени желательно изслѣдовать параллаксы гораздо бóльшаго числа звѣздъ. Но при требованiяхъ значительной точности это необычайно громадная работа. Поэтому Боллъ рѣшилъ прежде всего примѣнить способъ рекогносцировокъ къ значительному количеству звѣздъ, чтобы по крайней мѣрѣ открыть намеки на замѣтный параллаксъ, а затѣмъ уже обратить особенное вниманiе на опредѣленныя звѣзды. Онъ произвелъ наблюденiя надъ 368 звѣздами во времена, когда онѣ, соотвѣтственно ихъ положенiю, должны были дать крайнiя отклоненiя въ видимомъ параллактическомъ движенiи. Ему удалось доказать, что при его методѣ параллаксъ болѣе $^3/_4$ секунды не ускользнетъ отъ вниманiя. Но среди 368 звѣздъ только 2 дали замѣтный параллаксъ, который и то лежалъ ниже указаннаго предѣла. Поэтому можно допустить, что въ среднемъ звѣзды, наиболѣе близкiя къ намъ, имѣютъ параллаксъ, самое большее въ $^3/_4$ секунды.

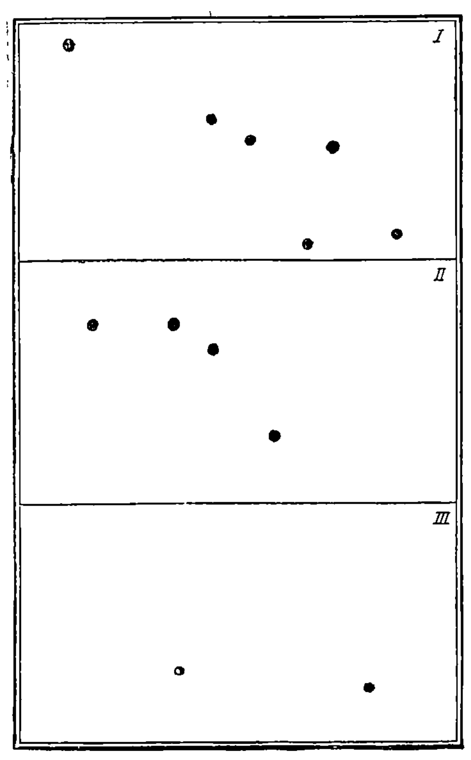
Другiе методы, дающiе приблизительныя указанiя относительно разстоянiй неподвижныхъ звѣздъ, мы разсмотримъ въ слѣдующей главѣ.

---

12. Собственное движенiе неподвижныхъ звѣздъ и солнечной системы.

Если въ теченiе достаточно продолжительнаго перiода, примѣрно въ теченiе нѣсколькихъ десятилѣтiй, опредѣлять многократно мѣста неподвижныхъ звѣздъ при помощи меридiаннаго круга, затѣмъ освободить эти

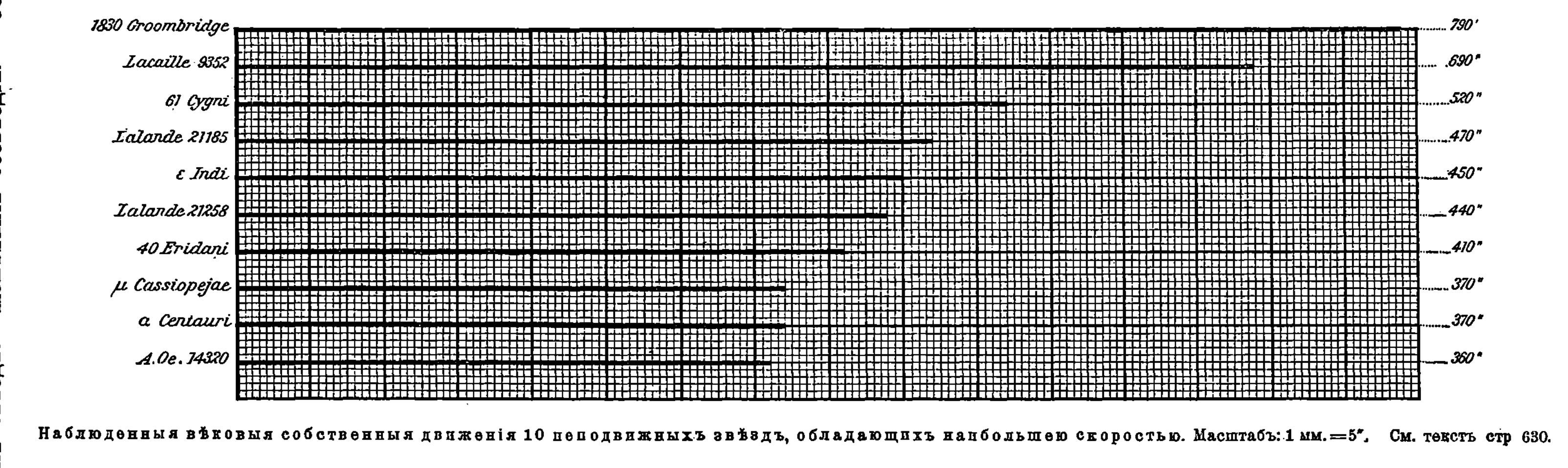
опредѣленiя отъ влiянiя всѣхъ кажущихся перемѣщенiй, уже разсмотрѣнныхъ нами, и привести ихъ всѣ къ средней точкѣ весенняго равноденствiя какого нибудь опредѣленнаго года, то оказывается, что для однѣхъ и тѣхъ же звѣздъ получаются не одни и тѣ же мѣста на небесномъ сводѣ. Обнаруживаются небольшiя перемѣщенiя, которыя, — по скольку можно было опредѣлить до сихъ поръ, — совершаются съ равномѣрной скоростью и по прямой линiи (строго говоря, по окружности большого круга). Но направленiе и скорость этихъ собственныхъ движенiй для каждой звѣзды особенныя. По крайней мѣрѣ, изъ сопоставленiя ихъ нельзя вывести какой либо правильности, которая свидѣтельствовала бы, что и въ данномъ случаѣ, какъ и въ прежде разсмотрѣнныхъ, мы имѣемъ дѣло только съ кажущимся движенiемъ. Такъ какъ звѣздные каталоги составлялись неоднократно со временъ Гиппарха, то мы знаемъ собственное движенiе многихъ тысячъ звѣздъ. Правда, чѣмъ древнѣе наблюденiя, тѣмъ они менѣе точны, но зато они отдѣлены отъ насъ бо́льшимъ промежуткомъ времени, и потому общая величина собственнаго движенiя оказывается больше. Такъ, напримѣръ, яркая звѣзда Арктуръ въ созвѣздiи Волопаса со временъ Гиппарха перемѣстилась на $2^1/_2$ лунныхъ поперечника. Звѣзды, соединенныя въ случайныя созвѣздiя, совершаютъ собственныя движенiя, относительно нашей точки наблюденiя, по весьма различнымъ направленiямъ. Поэтому-то даже созвѣздiя, которыя кажутся вѣчно неизмѣнными и которыя въ самыхъ древнихъ источникахъ изображаются въ крупныхъ чертахъ въ такомъ же точно видѣ, въ какомъ мы ихъ наблюдаемъ теперь, и тѣ подвержены непрерывному измѣненiю, которому подчинено все въ природѣ. Такъ, извѣстное созвѣздiе Большой Медвѣдицы 50,000 лѣтъ тому назадъ имѣло видъ, представленный на верхней части прилагаемаго рисунка, а черезъ 50,000 послѣ нашего времени будетъ имѣть видъ, изображенный на нижней части того же рисунка.



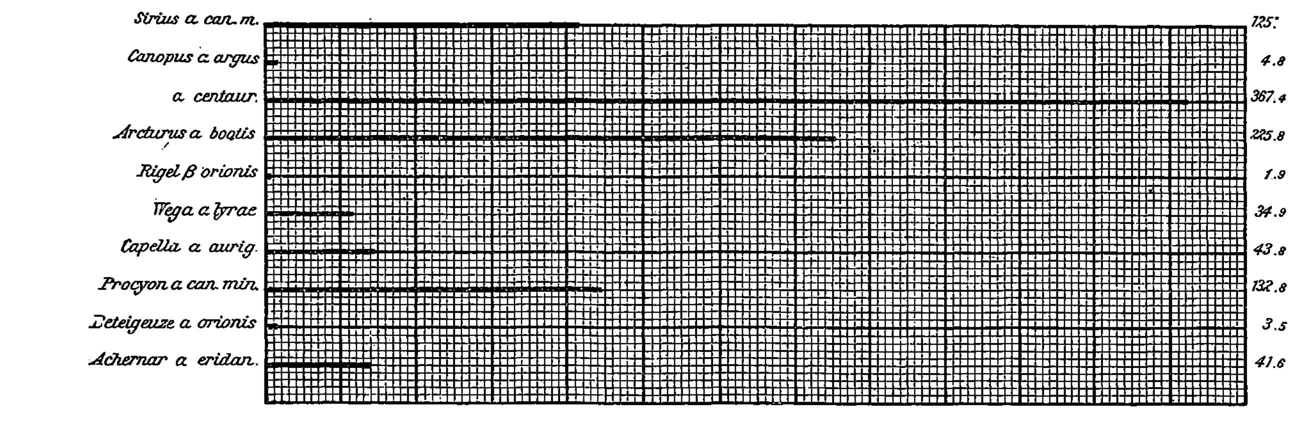
Созвѣздiе Большой Медвѣдицы. I. 50.000 лѣтъ тому назадъ, II. въ настоящее время, III. черезъ 50.000 лѣтъ.

Размѣры этихъ собственныхъ движенiй, какъ уже сказано, весьма различны. Наибольшимъ движенiемъ, наблюдавшимся до сихъ поръ, обладаетъ звѣзда 7-й величины, мѣсто которой опредѣляется координатами A. R. $11^ч\ 27{,}2^м$ и $D + 38^\circ 26'$. Астрономы обозначаютъ ее по соотвѣтственному каталогу Groombridge 1830. Ея движенiе по большому кругу выражается величиною $790''$ въ столѣтiе. Нельзя не обратить вниманiя на то, что самымъ быстрымъ наблюденнымъ собственнымъ движенiемъ обладаютъ не самыя яркiя звѣзды. Мы приводимъ здѣсь десять наиболѣе быстрыхъ звѣздныхъ движенiй (см. верхнiй рисунокъ стр. 631), а для сравненiя относительныя собственныя движенiя десяти наиболѣе яркихъ звѣздъ (нижнiй рисунокъ стр. 631).

Среди первыхъ всего пять звѣздъ болѣе 6-й величины, что, какъ



Наблюденныя вѣковыя собственныя движенія 10 неподвижныхъ звѣздъ, обладающихъ наибольшею скоростью. Масштабъ: 1 мм. = 5". См. текстъ стр 630.



Относительныя вѣковыя собственныя движенія 10 самыхъ яркихъ звѣздъ неба. Масштабъ: 1 мм. = 3" См. текстъ стр. 630.

извѣстно, считается предѣломъ видимости просто глазомъ. Четыре изъ нихъ находятся какъ разъ на этомъ предѣлѣ и только имѣется одна звѣзда первой величины, это уже не разъ названная *a* Centauri.

Изслѣдованія вселенной въ различныхъ отношеніяхъ заставляютъ предполагать, что и здѣсь, какъ всюду въ природѣ, одинаковыя явленія заключены въ одинаковые предѣлы и, слѣдовательно, истинныя скорости собственныхъ движеній неподвижныхъ звѣздъ группируются около нѣкоторой средней величины. Если это такъ, то собственныя движенія, наблюдаемыя нами въ дѣйствительности, могутъ дать намъ нѣкоторыя указанія относительно средняго разстоянія соотвѣтственныхъ звѣздъ: истинное среднее движеніе должно намъ казаться тѣмъ меньше, чѣмъ болѣе мы удалены отъ звѣзды. Тоже самое будетъ и въ томъ случаѣ, если мы наблюдаемъ не все, а только часть собственнаго движенія этихъ звѣздъ, такъ какъ направленіе ихъ движенія въ пространствѣ трехъ измѣреній должно для насъ проэктироваться на поверхности неба. Только когда собственное движеніе совершается подъ прямымъ угломъ къ лучу зрѣнія, идущему къ звѣздѣ, оно для насъ не испытываетъ сокращенія. Если же оно совершается какъ разъ по линіи зрѣнія, то мы совсѣмъ не замѣтимъ никакого перемѣщенія звѣзды. Такъ какъ мы не имѣемъ никакихъ указаній на истинное направленіе собственнаго движенія свѣтилъ въ пространствѣ, то для насъ, конечно, одинаково вѣроятны всѣ углы проэкціи, т. е. всѣ возможныя сокращенія. Поэтому средняя величина для одного и того же разстоянія должна быть одна и та же; она будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ больше разстояніе. Но отдѣльныя звѣзды могутъ представлять и исключенія изъ этого правила. Въ данномъ случаѣ обращаютъ вниманіе на себя нѣсколько малыхъ звѣздъ, которыя среди сотенъ тысячъ звѣздъ равной имъ, или меньшей яркости, стоятъ, по всей вѣроятности, особенно близко къ намъ, и потому ихъ собственное движеніе кажется необычайно большимъ.

Итакъ, величина собственнаго движенія неподвижныхъ звѣздъ можетъ служить признакомъ для сужденія объ ихъ разстояніи. Этимъ признакомъ мы можемъ пользоваться гораздо легче, чѣмъ прямымъ опредѣленіемъ параллакса, но онъ, во всякомъ случаѣ, требуетъ еще весьма точнаго изслѣдованія. Дѣйствительно, среди десяти звѣздъ, съ наибольшимъ собственнымъ движеніемъ, находятся также обѣ звѣзды, которыя и по измѣренію параллакса оказываются наиболѣе близкими къ намъ, *a* Centauri и 61 Cygni. Далѣе, четыре другихъ звѣздъ изъ приведенныхъ обнаруживаютъ замѣтные параллаксы. Въ таблицѣ на стр. 627 и 628 приведены соотвѣтственные параллаксы. Если же остальныя звѣзды этой таблицы до сихъ поръ не обнаружили никакого параллакса, то это указываетъ только, что существуютъ звѣзды, истинное собственное движеніе которыхъ значительно больше средняго движенія для даннаго класса.

Итакъ, крайніе случаи, какъ и надо было ожидать, не подтверждаютъ предположенія, что собственныя движенія звѣздъ уменьшаются вмѣстѣ съ яркостью звѣздъ; но зато въ среднемъ это подтверждается вполнѣ. По Медлеру, сравненіе звѣздныхъ положеній, опредѣленныхъ Брадлеемъ, съ опредѣленіями позднѣйшими показываетъ, что въ среднемъ звѣзды совершаютъ слѣдующія вѣковыя собственныя движенія:

65 звѣздъ первой и второй величины	22,2″	696 звѣздъ пятой величины	11,1″
154 звѣзды третьей величины	16,8	994 звѣзды шестой величины	9,0
312 звѣздъ четвертой величины	13,7	921 звѣздъ седьмой величины	8,6

Судить на основаніи этихъ чиселъ объ относительныхъ разстояніяхъ звѣздъ можно при томъ допущеніи, что среднее собственное движеніе на всѣхъ глубинахъ міровового пространства приблизительно одинаково. Вза-

имное отношеніе вѣковыхъ собственныхъ движеній звѣздъ отдѣльныхъ классовъ другъ къ другу дастъ намъ тогда отношеніе ихъ среднихъ разстояній. Если раздѣлить первое число нашей только что приведенной таблицы, т. е. 22,2 на послѣднее 8,6, то частное 2,6 покажетъ, что звѣзды 7-й величины во столько именно разъ далѣе отъ насъ, чѣмъ звѣзды первой и второй величины. Однако, это совсѣмъ не согласуется съ другими средними опредѣленіями, которыя были выведены изъ сопоставленія яркости звѣздъ съ ихъ численностью и распредѣленіемъ и которыя заслуживаютъ больше довѣрія. Слѣдовательно, разбирая вопросъ о причинѣ этихъ собственныхъ движеній, мы не должны забывать возможности и даже вѣроятности, что истинныя скорости собственныхъ движеній правильно увеличиваются или уменьшаются въ связи съ измѣненіемъ разстоянія звѣздъ отъ насъ.

Еще нѣсколько десятилѣтій тому назадъ всѣ были убѣждены въ томъ, что наши знанія объ истинныхъ собственныхъ движеніяхъ звѣздъ навсегда останутся неполными, такъ какъ мы видимъ только проэкцію ихъ на поверхности небеснаго свода. Но какъ разъ этотъ пробѣлъ, казавшійся незаполнимымъ, въ послѣднее время былъ пополненъ чудными данными спектральнаго анализа. По началу Допплера, изложенному на стр. 78 и сл., линейные сдвиги, наблюдаемые въ спектрахъ звѣздъ, свидѣтельствуютъ о движеніи послѣднихъ по лучу зрѣнія и открываютъ передъ нами какъ разъ только эту часть движенія, которая такимъ образомъ дополняетъ собственныя движенія звѣздъ, разсмотрѣнныя до сихъ поръ. Вначалѣ спектроскопическія опредѣленія этого рода сопряжены были съ большими неточностями; это понятно, такъ какъ смѣщеніе линіи въ одну десятимилліонную часть миллиметра соотвѣтствуетъ движенію въ 75 клм. въ секунду. Но съ теченіемъ времени методы наблюденія, особенно фотографическій методъ, введенный Фогелемъ въ Потсдамѣ, настолько усовершенствовались, что стало возможно опредѣлять подобныя движенія неподвижныхъ звѣздъ по лучу зрѣнія съ ошибкою въ нѣсколько клм. въ секунду. На нашей спектральной таблицѣ при стр. 332 приведенъ напр., рядъ спектровъ α Aurigae, полученныхъ въ Потсдамѣ, на которыхъ можно различать просто глазомъ смѣщенія линій, вызванныя движеніемъ земли вокругъ солнца.

Нельзя не изумляться, что такимъ способомъ спектроскопъ даетъ возможность выразить, въ доступной человѣку мѣрѣ, движенія по лучу зрѣнія такихъ свѣтилъ, разстояній которыхъ мы даже не знаемъ, и притомъ движенія, которыя навсегда останутся скрытыми отъ нашего непосредственнаго наблюденія. Но этотъ изумительный результатъ въ данномъ случаѣ вноситъ и громадное затрудненіе въ наши изслѣдованія, такъ какъ мѣры для опредѣленія обѣихъ составляющихъ совсѣмъ различны и не могутъ быть сведены къ одному результату. Одна составляющая опредѣляется изъ наблюденій въ угловой мѣрѣ, которую мы не можемъ выразить въ извѣстной намъ мѣрѣ длины, такъ какъ не знаемъ, на какихъ разстояніяхъ отъ насъ совершается это движеніе. Другая составляющая, напротивъ, выражается прямо въ линейной мѣрѣ, причемъ съ полученной величиной можетъ быть связанъ любой уголъ. Только въ немногихъ случаяхъ, когда извѣстенъ вмѣстѣ и параллаксъ звѣзды, можно перейти отъ угловой мѣры къ линейной. Такимъ образомъ и здѣсь намъ остается одно: дѣлать приблизительную оцѣнку среднихъ величинъ. На стр. 634 мы приводимъ рядъ движеній по лучу зрѣнія, за величину которыхъ можно ручаться съ достаточной точностью.

Къ звѣздамъ, обладающимъ наиболѣе быстрымъ собственнымъ движеніемъ, относится Вега, самая яркая звѣзда въ созв. Лиры. Она представляетъ, между прочимъ, примѣръ того, какъ расширились наши знанія

благодаря спектроскопу. Прежде казалось страннымъ, что эта яркая звѣзда, обладающая также замѣтнымъ параллаксомъ, не обнаруживаетъ, однако, почти никакого собственнаго движенія. И вотъ спектроскопъ показалъ намъ, что это движеніе остается незамѣтнымъ для насъ вслѣдствіе того, что звѣзда движется по направленію къ намъ почти точно по лучу зрѣнія и притомъ съ необычайно большою скоростью. Принимая параллаксъ ея равнымъ 0″,2, а скорость 75 клм. въ сек., мы найдемъ, что это отдаленное солнце достигнетъ нашей солнечной системы черезъ 60—70 тысячъ лѣтъ, если только оно движется точно по направленію къ намъ. Пускай даже всѣ наши допущенія стоятъ на очень шаткой почвѣ; прямолинейное движеніе, наблюденное нами до сихъ поръ конечно, не отвѣчаетъ дѣйствительности, какъ о томъ можно судить на основаніи всѣхъ нашихъ знаній о движеніяхъ небесныхъ свѣтилъ. Тѣмъ не менѣе нѣтъ никакого сомнѣнія, что въ теченіе огромныхъ періодовъ времени, въ какіе совершается развитіе міровыхъ системъ, нѣкоторыя солнца должны были приблизиться къ нашему на значительныя разстоянія. Можно предвидѣть, что астрономы грядущихъ тысячелѣтій подмѣтятъ непрерывныя измѣненія въ яркости тѣхъ неподвижныхъ звѣздъ, разстояніе которыхъ отъ насъ, согласно свидѣтельству спектроскопа, измѣняется значительно.

Собственныя движенія неподвижныхъ звѣздъ по лучу зрѣнія.

α Cassiop.	— 15 клм.	П.	β Gemin. (Pollux)	+ 1 клм.	П.
β Androm	+ 12	П.	α Leonis (Regulus)	+ 24	Г.
γ Androm	— 12	П.	γ Leonis	— 39	П.
α Arietis	— 14	П.	α Bootis (Arcturus)	— 8	П.
α Persei	— 11	П.	ε Bootis	— 17	П.
α Tauri (Aldebaran)	+ 49	П.	β Ursae min .	+ 14	П.
α Aurigae (Capella)	+ 25	П.	β Herculis	— 35	П.
β Orionis (Rigel).	+ 24	Г.	ζ Herculis	— 60	Д.
α Orionis (Beteigeuze)	+ 14	П.	α Lyrae (Wega)	— 81	Ф.
Туманность Оріона	+ 27	Ф.	α Aquilae (Atair)	— 75	Ф.
γ Geminorum	— 15	П.	γ Cygni	— 6	П.
α Can. maj. (Sirius)	+ 75	Ф.	α Cygni (Deneb)	— 6	П.
α Can. min (Procyon).	— 11 „	П.	ε Pegasi	+ 8	П.

П. = потсдамскія наблюденія, Ф. = прежнія наблюденія Г Фогеля, Г. = наблюденія Гёггинса, Д. = новѣйшія наблюденія Деландра въ Парижѣ.

То же, что мы видимъ на самыхъ большихъ вѣковыхъ собственныхъ движеніяхъ, именно, что не всегда по значительному собственному движенію можно судить о большой близости извѣстной звѣзды, то же самое повторяется и на собственныхъ движеніяхъ, опредѣленныхъ спектроскопическимъ путемъ. Однимъ изъ самыхъ большихъ собственныхъ движеній по спектроскопическому опредѣленію обладаетъ Альдебаранъ; его движеніе выражается цифрою 49 клм. въ секунду. Но эта звѣзда до сихъ поръ не обнаружила вовсе замѣтнаго параллакса.

Такъ какъ при той неточности въ опредѣленіяхъ, какая зависитъ отъ громадныхъ разстояній, отдѣляющихъ отъ насъ неподвижныя звѣзды, приходится довольствоваться группировкой косвенныхъ доказательствъ, то мы приведемъ еще одно соображеніе, позволяющее связать въ одно обѣ составляющія собственнаго движенія и сдѣлать заключенія о разстояніяхъ ближайшихъ къ намъ неподвижныхъ звѣздъ. Мы дѣлаемъ допущеніе, что найденныя нами наибольшія величины собственныхъ движеній того и другого рода относятся приблизительно къ одинаковымъ разстояніямъ. Эти величины слѣдующія: съ одной стороны 7″ въ годъ, а съ другой круглымъ числомъ 50 клм. въ секунду. Итакъ, при нашемъ допущеніи оказы-

вается, что линейный путь, которому отвѣчаетъ на неизвѣстномъ разстояніи отъ насъ угловая величина въ 7″, совершается въ теченіе года тѣломъ, которое проходитъ въ секунду 50 клм. Одинъ разъ этотъ путь выраженъ нами въ извѣстной для насъ мѣрѣ, въ другой разъ въ видѣ угла; изъ этихъ данныхъ мы прямо можемъ опредѣлить разстояніе. Обозначимъ s = 50 клм. скорость собственнаго движенія по лучу зрѣнія; путь, проходимый въ направленіи, перпендикулярномъ лучу зрѣнія, e = 7″; далѣе обозначимъ черезъ a число секундъ въ году и черезъ c — солнечное разстояніе въ километрахъ. Тогда искомое разстояніе звѣзды, выраженное въ солнечныхъ разстояніяхъ, будетъ равно: $d = \frac{sa}{c \tan e}$. Въ данномъ частномъ случаѣ мы получаемъ 300,000 солнечныхъ разстояній. Этотъ результатъ хорошо согласуется съ результатомъ, полученнымъ на основаніи прямаго измѣренія параллакса.

Опираясь на подобный принципъ, покойный приватъ-доцентъ Императорскаго С.-Петербургскаго Университета I. Клейберъ подвергъ изслѣдованію 22 звѣзды, движеніе которыхъ по лучу зрѣнія было точно опредѣлено спектроскопически въ Потсдамѣ. Эти звѣзды приведены нами въ таблицѣ на стр. 634. Средній параллаксъ этихъ звѣздъ Клейберъ нашелъ по этому разсчету равнымъ 0″,07, слѣдовательно разстояніе ихъ круглымъ числомъ равно 2³/₄ милліонамъ радіусовъ земной орбиты. Средняя величина этихъ звѣздъ 1,8. Согласно способу, изложенному ранѣе и основанному на среднемъ распредѣленіи звѣздъ въ пространствѣ, звѣзды этой величины должны находиться въ среднемъ ближе къ намъ; параллаксъ ихъ долженъ бы равняться 0″,117. Однако разница между обоими разсчетами, опирающимися на теорію вѣроятности и основными только на немногихъ звѣздахъ, не слишкомъ велика. Повидимому, и здѣсь есть указаніе, что сдѣланное нами допущеніе о равномѣрномъ распредѣленіи направленій, по какимъ движутся неподвижныя звѣзды, не отвѣчаетъ дѣйствительности. Если же движенія неподвижныхъ звѣздъ, какъ и движенія планетъ въ солнечной системѣ, распредѣлены относительно нѣкоторой плоскости, отъ которой не очень удалено и наше солнце, то движеніе по одной изъ составляющихъ должно обязательно преобладать надъ движеніемъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ первому; напр., при наблюденіи движеній планетъ съ солнца оказалось бы, что ихъ движенія по лучу зрѣнія весьма ничтожны сравнительно съ поступательнымъ движеніемъ ихъ по кругловымъ орбитамъ.

До сихъ поръ лишь для 11 звѣздъ можно было опредѣлить истинное движеніе ихъ въ пространствѣ. Для этого необходимы 3 опредѣленія: вѣкового собственнаго движенія, линейныхъ сдвиговъ въ спектрѣ и параллакса. Въ слѣдующей таблицѣ мы даемъ соотвѣтственныя величины для этихъ звѣздъ, найденныя Кобольдомъ (H. Kobold).

Истинное движеніе звѣздъ въ пространствѣ, по Г. Кобольду.

Названіе звѣздъ	L	B	π	l	b	σ	σ cos b	σ sin b
β Persei	111,7°	—16,0°	0,05″	349,4°	+ 9,3°	2,22 клм.	2,19 клм.	0,36клм.
α Tauri	146,2	—22,0	0,101	157,6	—25,8	48,84	44,40	—21,46
α Aurigae	128,7	+ 3,1	0,095	166,2	—14,5	32,56	31,82	— 8,14
α Orionis	165,8	—10,5	0,022	155,5	+ 5,0	17,76	16,21	+ 1,48
α Canis maj.	193,3	—10,1	0,38	342,4	—25,2	22,20	19,98	— 9,62
α Canis min.	179,5	+11,0	0,341	303,6	—59,2	19,24	9,62	—16,28
β Geminorum	158,2	+21,9	0,057	122,7	—62,0	52,54	24,42	—45,88
α Leonis	191,4	+47,6	0,089	123,9	—62,0	17,02	8,14	—14,80

Названіе звѣздъ	L	B	π	l	b	σ	σ cos b	σ sin b
α Bootis	341,7	+70,8	0,016	248,3	+ 0,5	671,92	671,90	+ 7,4
α Lyrae	33,9	+20,1	0,092	160,0	—24,0	23,68	21,46	— 9,62
α Aquilae.	1,5	— 7,6	0,214	185,5	— 1,3	39,96	39,92	— 0,74
Солнце { Л. Струве	—	—	—	24,5	+27,1	—	—	—
Солнце { Кобольдъ	—	—	—	349,6	+12,4	—	—	—

Въ этой таблицѣ обозначаютъ: L и B — долгота и широта звѣздъ относительно плоскости Млечнаго Пути, π—параллаксъ, l и b—долгота и широта точки, къ какой направлены движенія, σ—скорость движенія въ пространствѣ въ секунду, σ cos b и σ sin b—составляющія этой скорости въ плоскости Млечнаго Пути и въ направленіи перпендикулярномъ.

Весьма большое движеніе α Bootis (Арктуръ), несомнѣнно, мало заслуживаетъ довѣрія и представляетъ результатъ разсчета, основаннаго на ошибочныхъ данныхъ: съ уменьшеніемъ параллакса эти величины очень быстро увеличиваются, а параллаксъ этой звѣзды, равный 0",016, опредѣленъ очень неточно. Движеніе Арктура по лучу зрѣнія равно всего 8 клм. (см. табл. на стр. 634). Если исключить эту звѣзду, то 10 остальныхъ дадутъ среднее движеніе въ пространствѣ, равное въ секунду 27,4 клм.

Числа этой послѣдней таблицы находятся въ замѣтной связи съ положеніемъ звѣздъ относительно плоскости Млечнаго Пути. Уже ранѣе, въ главѣ о Млечномъ Пути, мы говорили о систематическомъ распредѣленіи звѣздъ относительно этой плоскости (см. стр. 372 и сл.). Отыскивая теперь правильность въ собственныхъ движеніяхъ звѣздъ, мы a priori можемъ съ большою вѣроятностью полагать, что эта правильность должна имѣть нѣкоторое отношеніе къ плоскости Млечнаго Пути. Въ самомъ дѣлѣ, нѣчто общее замѣчается уже и въ приведенныхъ числахъ. Мы поймемъ это еще лучше, если сначала разсмотримъ другую особенность собственныхъ движеній.

Уже 100 лѣтъ тому назадъ Вильямъ Гершель обратилъ вниманіе на тотъ фактъ, что направленія собственныхъ движеній не случайно распредѣлены на небесномъ сводѣ, но что по крайней мѣрѣ въ крупныхъ чертахъ эти движенія совершаются такъ, какъ будто звѣзды, лежащія около одной области въ созвѣздіи Геркулеса, удаляются другъ отъ друга, а въ противоположной части неба, напротивъ, какъ бы сближаются между собой. Общій характеръ этихъ явленій имѣетъ нѣкоторое сходство съ тѣмъ, что мы нашли въ періодическихъ потокахъ падающихъ звѣздъ, только самыя движенія совершаются здѣсь гораздо медленнѣе. Этотъ фактъ можно было бы объяснить только тѣмъ, что солнце со всей свитой планетъ также имѣетъ собственное движеніе, апексъ котораго (см. стр. 255) лежитъ въ созвѣздіи Геркулеса. До сихъ поръ мы находили во всѣхъ отношеніяхъ тѣсное родство солнца съ неподвижными звѣздами; но, какъ оказывается, ни одной неподвижной звѣзды нельзя считать дѣйствительно неподвижной. Въ виду этого можно было предполагать заранѣе, что и солнце должно имѣть собственное движеніе, которое будетъ, конечно, отражаться на движеніи остальныхъ звѣздъ. Слѣдовательно, отчасти и эти движенія только кажущіяся. Со временъ Гершеля опредѣленіемъ солнечнаго апекса занимались и другіе изслѣдователи, особенно Медлеръ, Аргеляндеръ и О. Струве. Послѣдній нашелъ для этой точки координаты: A. R. 261°,5 и D + 37°,6. Опредѣленія новѣйшихъ изслѣдователей согласуются съ указанными данными въ предѣлахъ нѣсколькихъ градусовъ. Двѣ недавно найденныя величины, въ основаніи которыхъ лежатъ различныя допущенія, приведены въ концѣ послѣдней таблицы. Эти величины отнесены къ плоскости Млечнаго Пути. Относительно экватора координаты

этихъ точекъ слѣдующія: одной A. R. 266°,2 и D + 32°,5, другой A. R. 266°,4 и D — 3°,3.

Какъ вѣковыя собственныя движенія, такъ и движенія, находимыя спектроскопомъ, даютъ средство для опредѣленія поступательнаго собственнаго движенія солнечной системы. Но въ виду того, что до сихъ поръ только немногія звѣзды могли быть изслѣдованы этимъ способомъ, результатъ наблюденій еще очень неточенъ. Интересно, однако, что Фогель въ въ Потсдамѣ изъ движеній 51 звѣзды по лучу зрѣнія нашелъ положеніе солнечнаго апекса равнымъ A. R. 206°,1 и D + 45°,9, т. е. направленіе его оказалось то же самое, какъ и по опредѣленіямъ, сдѣланнымъ иными способами. Спектроскопически найденный результатъ, сравнительно съ прежнимъ, имѣетъ то преимущество, что позволяетъ найти и скорость, съ какою солнечная система движется въ пространствѣ. Какъ оказывается, эта скорость равна 11,6 географическимъ милямъ или 86 клм. въ секунду. Эта величина. однако, сильно мѣняется, если въ основаніе разсчета для направленія взять болѣе достовѣрную величину, какую даютъ вѣковыя собственныя движенія. Тогда для поступательнаго движенія солнечной системы мы получимъ 7,7 географическихъ миль или 57 клм. въ секунду.

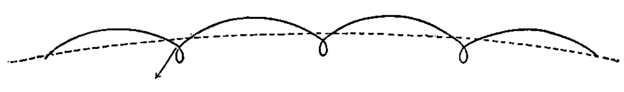


Фр. Вильямъ Гершель, род. въ Ганноверѣ въ 1738 г., ум. въ Слоу (Slough) въ Англіи въ 1822 г. По гравюрѣ Мюллера.

Конечно, величины для направленія и скорости собственнаго движенія солнечной системы съ теченіемъ времени будутъ опредѣлены болѣе точно. Однако, самый фактъ не можетъ уже и теперь подлежать ни малѣйшему сомнѣнію. Этотъ фактъ долженъ внушать намъ наибольшее изумленіе изъ всѣхъ данныхъ, къ какимъ приводитъ астрономія. Уже ученіе Коперника произвело могучій переворотъ въ человѣческомъ міровоззрѣніи, и потребовалось 400 лѣтъ, чтобъ свыкнуться съ тою мыслью, что земля, наша обитель, не стоитъ неподвижно въ мірозданіи, но совершаетъ круговое движеніе вокругъ большого мірового центра. Тѣмъ болѣе непонятной и чуждой кажется намъ мысль, что и этотъ центръ не находится въ покоѣ, но что все наше великое планетное цѣлое несется въ пространствѣ вмѣстѣ съ сотнями міровъ, какъ будто всѣ эти міры прочно связаны между собою и что слѣдовательно нигдѣ во всей вселенной, по скольку она доступна нашему взору, нѣтъ неподвижной точки. Многимъ кажется, будто съ уясненіемъ этой идеи всѣ добытыя до сихъ поръ воззрѣнія на строй мірозданія должны совершенно рухнуть, такъ какъ движенія, которыя мы до сихъ поръ приписывали планетамъ и нашей землѣ, не единственныя, какія онѣ совершаютъ въ пространствѣ. Напримѣръ,

если бы величины, данныя выше для поступательнаго движенія солнца, оправдались, то оказалось бы, что земля, въ тотъ періодъ, какъ она, при своемъ обращеніи вокругъ солнца, движется въ сторону, противоположную созвѣздію Геркулеса, на самомъ дѣлѣ приближается къ нему, такъ какъ поступательное движеніе всей системы значительно превышаетъ скорость обращенія земли, равную всего 30 клм. въ секунду.

Трудно было бы производить астрономическіе разсчеты, если бы для изслѣдованія движеній небесныхъ свѣтилъ намъ приходилось отыскивать абсолютную величину этихъ движеній. Послѣдней мы, вѣроятно, никогда не узнаемъ, такъ какъ во всей безпредѣльной вселенной нельзя указать ни одной точки, о которой можно было бы сказать, что она неподвижна и что отъ нея можно измѣрять наблюдаемыя движенія. Если мы и выберемъ на мгновеніе какую либо опредѣленную точку, то мы не можемъ сказать, въ какомъ направленіи и съ какою скоростью мы будемъ двигаться въ слѣдующую единицу времени. Зато въ нашихъ изслѣдованіяхъ мы можемъ опредѣлять, какъ измѣняется въ послѣдовательные промежутки времени положеніе линій, соединяющихъ двѣ или нѣсколько точекъ вселенной, доступныхъ нашему зрѣнію, съ нашимъ положеніемъ въ пространствѣ. Но въ сущности для насъ то интересны и важны только эти относительныя измѣненія нашего положенія. Зная, что земля движется вокругъ оси, мы не испытываемъ затрудненій въ своихъ представленіяхъ и не воображаемъ, что для перемѣщенія предметовъ съ одного пункта земной поверхности на другой мы должны прибѣгать къ иныхъ средствамъ, чѣмъ прежде, когда не обладали этимъ знаніемъ. Одна изъ трудностей, какую встрѣчаетъ окончательное признаніе выводовъ современной астрономіи такого же точно порядка. Но, конечно, истинный путь, какой тѣло совершаетъ относительно центра земли, совсѣмъ иной, чѣмъ тотъ, какой былъ бы, если бъ земля находилась въ покоѣ. Въ извѣстной прежде теоріи луннаго движенія астрономамъ не пришлось ничего мѣнять, послѣ того какъ они узнали, что луна движется не вокругъ покоящейся земли, а вмѣстѣ съ землею переносится вокругъ солнца. Гораздо большія трудности представились бы при попыткѣ вычислить эти движенія, еслибы мы стали разсматривать луну, какъ свѣтило, движущееся вокругъ солнца и вмѣстѣ съ тѣмъ находящееся подъ вліяніемъ земли, такъ какъ въ послѣднемъ случаѣ пришлось бы имѣть дѣло съ нерѣшенной задачею о трехъ тѣлахъ. Интересно представить на чертежѣ, какой характеръ имѣетъ форма орбиты, описываемой луною относительно солнца, если предположить, что послѣднее находится въ покоѣ. Мы видимъ, что такая лунная орбита не образуетъ петель, какъ предполагали раньше, но вполнѣ подобна орбитѣ земли, и только легкія волнистыя линіи обнаруживаютъ вліяніе движенія луны вокругъ земли. Въ виду такого характера орбиты было бы вполнѣ естественно разсматривать луну, какъ планету, которая движется непосредственно вокругъ солнца и только испытываетъ значительное нарушающее дѣйствіе со стороны земли, которая всегда находится вблизи ея. Но держась принятаго до сихъ поръ взгляда, по которому сначала представляютъ, что центръ земли неподвиженъ и что луна движется вокругъ него, а затѣмъ принимаютъ въ разсчетъ притяженіе солнца и остальныхъ планетъ на систему, состоящую изъ земли и луны, можно придти къ цѣли легче и съ тою же точностью.



Форма орбитъ обоихъ внутреннихъ спутниковъ Юпитера по отношенію къ солнцу, которое предполагается покоящимся.



Орбита земной луны, отнесенная къ центру солнца.

Само собою разумѣется, если бы даже мы въ точности знали извѣстное уже поступательное движеніе солнца въ пространствѣ, то всетаки мы не могли бы вовсе рѣшить вопроса объ абсолютномъ его движеніи, такъ какъ поступательное движеніе солнца является въ сущности только относительнымъ движеніемъ, именно, движеніемъ относительно окружающаго насъ комплекса неподвижныхъ звѣздъ, изъ наблюденій надъ которыми мы его находимъ. Но вѣдь и этотъ комплексъ, громадная система Млечнаго Пути, со своей стороны можетъ имѣть общее движеніе, о которомъ мы узнаемъ что нибудь только тогда, когда получимъ полную увѣренность, что и этотъ Млечный Путь есть ни что иное, какъ звѣздная куча, подобная тысячѣ другихъ, разсѣянныхъ во вселенной, и когда мы, изучивъ собственныя движенія этихъ звѣздныхъ кучъ, найдемъ законъ, управляющій ими. Однако, даже и тогда нельзя будетъ считать абсолютными нашихъ знаній о движеніяхъ матеріи, ибо сфера, за которую могутъ простираться наши изслѣдованія, ограничена только случайно нашимъ умѣніемъ строить оптическіе инструменты. Сколько бы тысячелѣтій ни тратилъ свѣтъ, чтобы отъ этихъ предѣловъ достигнуть до насъ, однако, ничто намъ не мѣшаетъ допустить, что во всѣхъ мірахъ, когда либо видѣнныхъ человѣкомъ, живетъ одна общая черта, что, слѣдовательно, великая система Млечныхъ Путей также движется въ направленіи, которое вѣчно останется недоступнымъ изслѣдованію, и подъ вліяніемъ силъ, центра которыхъ мы никогда не узнаемъ. Систематическое расположеніе, какое замѣчается въ распредѣленіи туманностей на небѣ (см. табл. при стр. 379), указываетъ на эту послѣднюю и высшую общность міровыхъ системъ, доступныхъ нашему обозрѣнію.

О существованіи поступательнаго движенія солнечной системы можно судить и по другимъ фактамъ кромѣ собственнаго движенія звѣздъ. Мы указали уже на это при разсмотрѣніи движенія кометъ. Если бы кометы приходили изъ сферъ притяженія другихъ солнцъ въ сферу притяженія нашего, то тѣ кометы, афеліи которыхъ лежатъ въ направленіи созвѣздія Геркулеса, проникали бы въ нашу систему со сравнительно большею скоростью, чѣмъ кометы, идущія изъ противоположнаго направленія. Слѣдовательно, по одному направленію являлись бы къ намъ главнымъ образомъ гиперболическія кометы, по другому преимущественно эллиптическія. Но этого нѣтъ; поэтому надо допустить, что и кометы, изъ какихъ бы отдаленныхъ пространствъ онѣ къ намъ не приходили, совершаютъ поступательное движеніе вмѣстѣ съ солнечной системой. Вполнѣ подтверждаютъ это для насъ нѣкоторые космическіе метеоры, о большихъ гиперболическихъ скоростяхъ которыхъ мы уже говорили.

Интересна мысль, которая была высказана Клинкерфусомъ. Для того, чтобы опредѣлить абсолютное движеніе земли во вполнѣ замкнутомъ пространствѣ, не доступномъ ни для дневного, ни для другого свѣта, онъ сдѣлалъ предположеніе, что неизвѣстное намъ вещество, являющееся носителемъ свѣтовыхъ волнъ и называемое нами міровымъ эфиромъ, надо вообразить покоящимся въ пространствѣ, когда на него не дѣйствуетъ никакой источникъ свѣта. Эфирныя волны, исходящія изъ искусственнаго источника свѣта, при извѣстной постановкѣ опыта, будутъ испытывать въ направленіи движенія этого источника свѣта со стороны покоящагося эфира большее сопротивленіе, чѣмъ въ направленіи обратномъ. Слѣдовательно, должны наблюдаться смѣщенія линій, смотря по тому, въ какомъ изъ двухъ противоположныхъ направленій мы будемъ наблюдать спектроскопически любой источникъ свѣта въ пространствѣ, не содержащемъ другихъ источниковъ свѣта. Опыты, поставленные на Гёттингенской обсерваторіи, не привели, впрочемъ, ни къ какимъ рѣшительнымъ результатамъ и даже вообще сомнительно, правильны-ли допущенія Клинкерфуса.

Движенiе солнечной системы въ пространствѣ ставитъ насъ по отношенiю къ неподвижнымъ звѣздамъ въ такое же положенiе, въ какомъ мы стоимъ по отношенiю къ остальнымъ планетамъ вслѣдствiе движенiя земли вокругъ солнца: намъ надо отдѣлить видимыя перемѣщенiя, которыя вызываются только нашимъ собственнымъ поступательнымъ движенiемъ, отъ истинныхъ. Прежде чѣмъ это удалось сдѣлать для планетъ, ихъ движенiя казались крайне запутанными, и было очень трудно отыскать въ нихъ общiй законъ. Коперникомъ для Млечнаго Пути явился Вильямъ Гершель (см. портретъ на стр. 637), но нуженъ для него еще новый Кеплеръ, а также, пожалуй, и Ньютонъ. Кеплеръ могъ открыть свои великiе законы только тогда, когда въ его распоряженiи было большое число превосходныхъ наблюденiй надъ движенiями планетъ. Подобныя же наблюденiя должны быть собраны и для неподвижныхъ звѣздъ, прежде чѣмъ можетъ явиться ихъ Кеплеръ. Но такъ какъ эти движенiя совершаются несравненно медленнѣе, чѣмъ планетныя, то надо думать, что пройдетъ одно или даже нѣсколько тысячелѣтiй, прежде чѣмъ осуществится это условiе. Отсюда можно видѣть, что астрономiя все еще находится въ младенческомъ состоянiи, хотя она и старѣйшая изъ своихъ сестеръ, и что, соотвѣтственно огромной области ея изслѣдованiя, нужны чрезвычайно большiе перiоды времени, чтобы трудъ ея могъ быть законченъ. Наблюденiя, какiя нынѣ совершаютъ астрономы въ тихiе часы ночи, только основа, которую мы завѣщаемъ астрономамъ грядущихъ вѣковъ и тысячелѣтiй.

Постоянное наблюденiе надъ движенiями въ предѣлахъ нашей солнечной системы черезъ нѣсколько тысячелѣтiй также должно дать указанiя на ея поступательное движенiе; ибо какъ планеты влiяютъ другъ на друга, такъ же точно должны влiять другъ на друга и неподвижныя звѣзды. Центральныя силы, которыя, какъ мы наблюдаемъ, исходятъ отъ остальныхъ солнцъ, должны достигать и до насъ; для этихъ солнцъ еще болѣе, чѣмъ для планетъ солнечной системы, примѣнимо правило, что для достаточно удаленнаго тѣла, дѣйствующаго притягательно, отдѣльныя части системы можно представить сосредоточенными въ центрѣ тяжести. Притягательное дѣйствiе миллiоновъ окружающихъ насъ солнцъ на нашу систему можетъ и должно быть весьма значительно. Мы не знаемъ въ точности, но можемъ допустить, что поступательное движенiе солнца есть слѣдствiе этого притяженiя. Однако, на огромныхъ разстоянiяхъ, какiя отдѣляютъ насъ отъ этихъ солнцъ, дѣйствiе это во всей области нашей планетной системы имѣетъ одинаковую величину и потому не можетъ быть прямо обнаружено: участвуя въ движенiи, мы можемъ замѣчать только разности этихъ движенiй. Но прежде мы уже видѣли, что нельзя отрицать возможности приближенiя какого либо солнца къ нашему, а въ такомъ случаѣ извѣстныя вѣковыя нарушенiя, о которыхъ мы говорили ранѣе, придется помножить еще на одинъ коэффицiентъ, дѣлающiйся замѣтнымъ только въ теченiе тысячелѣтiй.

Когда наконецъ мы будемъ знать нѣчто болѣе опредѣленное о нашемъ поступательномъ движенiи, то вѣроятно намъ удастся опредѣлить болѣе точно, чѣмъ до сихъ поръ, и разстоянiе неподвижныхъ звѣздъ, такъ какъ тогда мы будемъ имѣть новый болѣе длинный базисъ, чѣмъ тотъ, какой представляетъ для измѣренiя параллакса поперечникъ земной орбиты. Если солнце дѣйствительно проходитъ въ пространствѣ прямолинейно 56 клм. въ секунду, то черезъ 100 лѣтъ мы сдѣлаемъ уже путь въ 500 поперечниковъ земной орбиты; во столько же разъ увеличится и базисъ, которымъ мы можемъ воспользоваться для измѣренiя разстоянiй неподвижныхъ звѣздъ. Быть можетъ, этимъ путемъ когда нибудь удастся опредѣлить разстоянiя, какъ, благодаря третьему закону Кеплера, найдены были разстоянiя планетъ; иныя планеты также настолько уда-

лены отъ насъ, что прямое измѣреніе параллакса не даетъ удовлетворительнаго результата. Конечно, это будетъ возможно только тогда, когда намъ будутъ извѣстны законы движеній, которымъ подчинены орбиты всѣхъ солнцъ системы Млечнаго Пути.

Но въ настоящее время мы еще очень далеки отъ этой цѣли, хотя, въ понятномъ нетерпѣніи узнать великій строй міра солнцъ, мы уже не разъ дѣлали попытки въ этомъ направленіи. Въ нашемъ распоряженіи пока нѣтъ совсѣмъ необходимаго матеріала для такихъ изслѣдованій. Всѣ наши попытки являются столь-же трудными и неточными, какъ въ томъ случаѣ, если бы мы, имѣя для планетъ наблюденія всего за періодъ одного часа, стали опредѣлять устройство планетной системы.

Затѣмъ намъ еще не хватаетъ до поры до времени основаній для рѣшенія вопроса, примѣнимъ ли Ньютоновъ законъ и къ движеніямъ всѣхъ неподвижныхъ звѣздъ. Даже если и допустить это, то мы наталкиваемся далѣе на неразработанность теоріи, которая могла бы разъяснить движенія въ предѣлахъ такой широко разсѣянной системы, не имѣющей преобладающаго матеріальнаго центра. О положеніи этого послѣдняго мы вовсе ничего не знаемъ. Въ свое время этимъ вопросомъ занимался Медлеръ, который центромъ найденныхъ въ его время собственныхъ движеній считалъ группу Плеядъ, а въ частности Альціонъ,—главную звѣзду этой группы. Но изслѣдованія Медлера не выдержали позднѣйшей критики. Дѣло представляется далеко не такъ просто, какъ думалъ Медлеръ. Нельзя даже предполагать, что движенія отдѣльныхъ солнцъ въ звѣздной кучѣ, къ которой принадлежимъ мы, происходятъ такъ, какъ будто вся масса этихъ солнцъ была сосредоточена въ центрѣ тяжести кучи, т. е., что движенія тѣмъ быстрѣе, чѣмъ ближе свѣтило лежитъ къ центру, какъ это наблюдается въ планетной системѣ. Наоборотъ, изъ закона Ньютона можно даже вывести, что активная сила системы тѣмъ меньше, чѣмъ ближе мы къ его центру. Отношенія здѣсь должны быть совершенно тѣ же, что и внутри земли. Для земли мы нашли (на стр. 491), что шаровая оболочка, имѣющая бóльшій радіусъ, чѣмъ разсматриваемая нами точка, не будетъ производить на послѣднюю никакого притяженія. Такъ какъ, по всей видимости, главная масса спиральной или кольцеобразной звѣздной кучи нашего Млечнаго Пути сосредоточена въ наружномъ кольцѣ, то внутри его, напр. тамъ, гдѣ движется наше солнце, весь сонмъ милліоновъ звѣздъ, изъ котораго состоитъ для насъ Млечный Путь, останется безъ всякаго дѣйствія на поступательное движеніе солнечной системы. Слѣдовательно, по этому воззрѣнію скорость движенія солнца будетъ гораздо ниже средней величины, которую можно получить изъ всей совокупности звѣздъ. Въ такомъ случаѣ въ предѣлахъ Млечнаго Пути скорости должны увеличиваться по направленію къ Млечному Пути сначала медленно, затѣмъ все больше и больше. Только далѣе къ наружному краю это увеличеніе притягательной силы вслѣдствіе возрастанія массъ не въ состояніи будетъ уже уравновѣсить ослабленія ея пропорціонально квадрату разстоянія отъ центра, и потому движенія опять станутъ медленнѣе. Какого рода измѣненія мы здѣсь имѣемъ, можно будетъ узнать только тогда, когда мы будемъ имѣть болѣе точныя свѣдѣнія о густотѣ распредѣленія массъ въ нашей звѣздной кучѣ.

Однако, объ этомъ распредѣленіи массъ даже продолжительное изученіе кажущагося распредѣленія видимыхъ звѣздъ на небѣ можетъ дать намъ далеко неполное представленіе, такъ какъ эти массы, несомнѣнно, представляютъ только меньшую часть тѣхъ массъ, какія дѣйствительно находятся внутри этого собранія міровъ. Состояніе свѣтимости какого либо мірового тѣла есть только преходящее состояніе и, по всей вѣроятности даже, въ ходѣ развитія свѣтила это состояніе занимаетъ гораздо

меньшій періодъ времени сравнительно съ тѣмъ, въ теченіе котораго длится темное состояніе. Поэтому можно полагать, что число невидимыхъ міровыхъ тѣлъ въ небесныхъ пространствахъ гораздо больше, чѣмъ число свѣтилъ, о существованіи которыхъ намъ говоритъ ихъ свѣтъ. Навѣрное, изучая движенія этихъ видимыхъ свѣтилъ, мы когда нибудь получимъ представленіе какъ объ общемъ дѣйствіи, такъ и объ отдѣльныхъ дѣйствіяхъ невидимыхъ свѣтилъ. Рѣшеніе этой задачи раскрываетъ передъ астрономами поле дѣятельности, на которомъ хватитъ работы еще на нѣсколько тысячелѣтій.

Первыя попытки изслѣдовать строй движеній, несомнѣнно существующій внутри системы Млечнаго Пути, были сдѣланы въ недавнее время. Въ этомъ отношеніи можно назвать особенно работы Л. Струве, Кобольда, Ристенпарта и Штумпе. Хотя всѣ названные изслѣдователи главнымъ образомъ стремились опредѣлить положеніе солнечнаго апекса, но они должны были, конечно, касаться вопроса и объ общемъ распредѣленіи системы. Между прочимъ допущеніе, сдѣланное уже Шенфельдомъ, что движенія неподвижныхъ звѣздъ происходятъ вообще въ плоскости Млечнаго Пути по малоэксцентричнымъ орбитамъ и имѣютъ одно и тоже прямое направленіе, повидимому подтверждается. А въ такомъ случаѣ мы имѣемъ здѣсь интересную параллель съ движеніями въ нашей планетной системѣ.

Наконецъ, оказалось, что нѣкоторыя большія звѣздныя группы образуютъ физически связное цѣлое, такъ какъ ихъ отдѣльные члены совершаютъ почти одинаковыя собственныя движенія въ одномъ и томъ же направленіи. Къ этимъ группамъ принадлежатъ прежде всего Плеяды и всѣмъ извѣстное созвѣздіе Большой Медвѣдицы. Но какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ, какъ и надо было ждать, не всѣ звѣзды движутся согласно между собою. Отдѣльныя звѣзды, движущіяся въ совершенно иномъ направленіи, вѣроятно, находятся или далеко впереди, или же позади данной группы. Звѣзды самой группы довольно далеко удалены другъ отъ друга и уже не въ состояніи заставить одна другую совершать круговые пути, но въ то же время онѣ занимаютъ общую область, въ которой дѣйствіе массы всей системы Млечнаго Пути на всѣ звѣзды группы одно и тоже.

---

13. Тяготѣніе.

Наши послѣднія разсужденія привели насъ къ самымъ крайнимъ предѣламъ той части вселенной, обозрѣніе которой еще доступно нашимъ человѣческимъ силамъ. Какъ широко раздвинулись эти предѣлы съ тѣхъ поръ, какъ ученіе Коперника, и изобрѣтеніе телескопа освободили наши воззрѣнія отъ цѣпей старыхъ предразсудковъ! Во времена греческой древности со словомъ „міръ“ связывали представленіе о небольшомъ клочкѣ земной поверхности, величиною, примѣрно, въ нашу Европу; сводъ неба, поднимающійся надъ этимъ клочкомъ, твердь съ небесными свѣтилами, подчиненными землѣ, по тогдашнимъ представленіямъ, находилась надъ самыми большими вершинами всего на вышинѣ нѣсколькихъ горныхъ высотъ. Только немногіе мыслители полагали, что величина міра имѣетъ бо́льшіе размѣры, но къ ихъ ученіямъ, не поддававшимся представленію, относились съ недовѣріемъ. Медленно, крайне медленно развивалось понятіе о мірозданіи. Прежде всего человѣкъ долженъ былъ овладѣть землею. Хотя градусныя измѣренія древнихъ шли довольно вѣрнымъ теоретическимъ путемъ къ рѣшенію вопроса объ истинной формѣ земли, однако, огромное большинство людей, не умѣющихъ слѣдить за ходомъ математи-

ческихъ разсчетовъ, мало довѣряло подобнымъ теоретическимъ выводамъ. Люди должны были обогнуть Африку, открыть Америку и въ концѣ концовъ объѣхать вокругъ всей земли, чтобы убѣдиться въ ея шаровидности. Небо все дальше и дальше отступало передъ человѣкомъ, по мѣрѣ того, какъ шло завоеваніе земли, дававшей все большій базисъ. Въ концѣ концовъ, даже еще до временъ Коперника, человѣкъ долженъ былъ придти къ убѣжденію, что надъ нашей головой находятся небесныя свѣтила, которыя, особенно солнце, по величинѣ должны превосходить нашу землю, хотя и съ величиною этой послѣдней было трудно освоиться нашему знанію. И вдругъ Коперникъ удалилъ землю изъ центра міра и отвелъ ей подчиненное мѣсто во вселенной. Пять блуждающихъ по тверди звѣздъ оказались подобными ей. Открылось, что вмѣстѣ съ землею движутся по небу другіе міры, по сравненію съ которыми, то, что прежде называлось міромъ, стало въ нашихъ глазахъ дѣлаться все меньше: этотъ міръ оказался шаромъ, несущимся въ пространствѣ и вращающимся съ такою быстротой, что у насъ закружилась бы голова, если бы мы могли ее представить себѣ. Однако, даже Галилей, какъ мы видѣли, не подозрѣвалъ, что разстояніе неподвижныхъ звѣздъ въ сравненіи съ разстояніемъ солнца настолько велико, что при годичномъ обращеніи земли мы не въ состояніи замѣтить параллактическаго перемѣщенія неподвижныхъ звѣздъ простымъ визированіемъ ребра церковной башни. Кромѣ того надо помнить, что и разстояніе солнца считалось тогда гораздо меньше, чѣмъ мы знаемъ его теперь.

Былъ изобрѣтенъ телескопъ, съ его изобрѣтеніемъ число извѣстныхъ міровъ возрастаетъ во много тысячъ разъ, и всѣ эти милліоны неподвижныхъ звѣздъ оказываются солнцами, подобными нашему. Если до тѣхъ поръ воззрѣнія на міръ, какъ мы видѣли, развивались и расширялись необычайно медленно, то въ XVI и XVII в.в. передъ духовнымъ взоромъ человѣка мірозданіе сразу развернулось въ необъятномъ величіи, и опять только весьма немногіе могли пойти за великими передовыми мыслителями, открывшими передъ умомъ человѣка новое воззрѣніе. Еще и теперь бо́льшая половина человѣчества далека отъ мысли, что вся наша земля, нашъ міръ, какъ мы ее продолжаемъ называть, представляетъ только ничтожно-малую единицу, теряющуюся среди милліоновъ свѣтилъ, что она не имѣетъ даже того значенія, какъ отдѣльная человѣческая личность среди народовъ земли; что наша земля только въ нашихъ глазахъ получаетъ особый смыслъ, подобно тому, какъ и наше личное я, которое мы выдѣляемъ изъ массы остальныхъ. Нечего удивляться, что могучее развитіе идей, послѣдовавшее вслѣдъ за ученіемъ Коперника, медленно пролагало себѣ дорогу въ массахъ. Развитіе знанія въ массахъ совершается съ извѣстной постепенностью, такъ какъ оно должно распространиться на большіе слои. Въ видахъ этой постепенности внезапный подъемъ астрономической науки со временъ Коперника естественно долженъ былъ вызвать сильную реакцію.

Между тѣмъ процессъ развитія нашихъ знаній о вселенной продолжалъ мощно идти впередъ. Съ каждымъ новымъ усовершенствованіемъ измѣрительныхъ иструментовъ передъ нами развертывалась, можно сказать, одна безконечность за другою. Не только увеличивалось количество открываемыхъ звѣздъ, но расширялись и предѣлы, до какихъ можно опредѣлять параллаксы неподвижныхъ звѣздъ, увеличивались и измѣримыя разстоянія. Астрономическая единица солнечнаго разстоянія, введенная Кеплеромъ, оказалась слишкомъ мала, такъ какъ самыя малыя разстоянія неподвижныхъ звѣздъ уже содержатъ сотни тысячъ такихъ единицъ. Ввели свѣтовой годъ, огромный путь, какой свѣтъ, движущійся со скоростью 300,000 клм. въ секунду, пробѣгаетъ въ то время, какъ земля совершаетъ одинъ оборотъ вокругъ солнца; и такихъ единицъ надо 4—6,

чтобы измѣрить ими разстояніе ближайшей звѣзды. До предѣловъ Млечнаго Пути, какъ можно полагать, 1000 и больше этихъ единицъ. Но самое смѣлое воображеніе не въ состояніи представить себѣ, какія разстоянія отдѣляютъ насъ отъ другихъ Млечныхъ Путей, мерцающихъ въ видѣ звѣздныхъ кучъ и туманностей на крайнихъ граняхъ, отдѣляющихъ насъ отъ безконечности. Правда, еще нельзя считать окончательно рѣшеннымъ, чтобы эти звѣздныя кучи представляли, дѣйствительно, самостоятельныя системы за предѣлами кольца нашего Млечнаго Пути.

Въ виду столь широкаго развитія нашихъ знаній о мірозданіи, естественно, что нѣкоторые смѣлые мыслители дѣлали попытки перешагнуть и за эти послѣдніе предѣлы, извѣстные намъ, и составить картину всей поистинѣ безконечной громадности вселенной, а затѣмъ установить отношеніе этой безконечности къ извѣстной намъ конечной области. Отчасти философскими соображеніями, отчасти тонкими орудіями математическаго анализа, излѣдователи стремились прослѣдить цѣпь измѣненій въ мірозданіи на безконечномъ протяженіи какъ во времени, такъ и въ пространствѣ. Нѣтъ ничего удивительнаго, что при этомъ слабый, конечный умъ человѣка всюду наталкивался на неразрѣшимыя противорѣчія. Мы не можемъ представить себѣ, чтобы пространство и время, въ какомъ либо направленіи, имѣли конечные предѣлы. Поэтому является, напр., вопросъ, имѣется ли въ этомъ дѣйствительно безконечномъ пространствѣ безконечное количество міровъ, существующихъ уже безконечное время. Представлялось, что для рѣшенія этого смѣлаго вопроса можно дать вѣскія доказательства. Именно, если въ небесномъ пространствѣ на громадныя разстоянія отъ насъ, доходящія до безконечности, существуетъ безконечно большое количество солнцъ, то и притягательная сила, исходящая изъ нихъ и проникающая всю вселенную, также должна быть безконечно велика, а это мы должны замѣтить. Правда, можно допустить, что массы распредѣлены вокругъ насъ равномѣрно, и что поэтому безконечно большія силы тяготѣнія дѣйствуютъ по всѣмъ направленіямъ одинаково и взаимно уравновѣшиваются, но тогда, какъ результатъ этого внѣшняго дѣйствія, во всѣхъ тѣлахъ должно бы обнаружиться стремленіе расширяться. А такъ какъ дѣйствіе это совершается уже безконечное время, то теперь вовсе не существовало бы твердыхъ тѣлъ. Какъ мы знаемъ, этотъ выводъ не отвѣчаетъ дѣйствительности.

Спѣшимъ отмѣтить, что мы не придаемъ этимъ выводамъ абсолютной достовѣрности, такъ какъ далѣе на другихъ примѣрахъ мы увидимъ, что, опираясь на созданное человѣческою логикою понятіе объ абсолютной безконечности можно придти къ выводамъ, совершенно противоположнымъ тѣмъ, какіе только что изложены. Въ подобную дилемму впалъ Цельнеръ. Онъ разсуждалъ такъ: количество массъ во вселенной можетъ быть только или конечно велико, или же безконечно велико. Если оно безконечно велико, то массы эти должны бы оказывать безконечно большое давленіе на всѣ части вселенной, такъ какъ всякая матерія въ пустомъ пространствѣ выдѣляетъ газы, которые должны образовать безконечно большую атмосферу. Такого давленія нѣтъ на самомъ дѣлѣ, слѣдовательно, количество матеріи въ пространствѣ конечно. Но если такъ, то тоже самое стремленіе расширяться, присущее всякой матеріи, должно бы въ теченіе безконечнаго времени, предшествовавшаго настоящему, повести къ тому, что всѣ атомы этой матеріи удалились бы другъ отъ друга на безконечное разстояніе, т. е. матерія распредѣлилась бы всюду и стала бы безконечно разрѣженной. Но и этого нѣтъ. Слѣдовательно, посылки или аксіомы, положенныя въ основаніе этихъ простыхъ умозаключеній, неправильны, а эти аксіомы суть: допущеніе безконечности времени и представленіе о пространствѣ, какъ обладающемъ тремя измѣреніями. Обѣ первыя аксіомы, не-

оспоримы, но вопросъ о томъ, не обладаетъ ли пространство на самомъ дѣлѣ болѣе чѣмъ тремя измѣреніями, подвергался серьезному обсужденію великими математиками: Гауссомъ, Риманомъ и другими. Въ такъ называемомъ эвклидовомъ трехмѣрномъ пространствѣ, кратчайшее разстояніе между двумя точками есть прямая линія. Двѣ частички, стремящіяся отдѣлиться другъ отъ друга по кратчайшему пути движутся, слѣдовательно, по прямой линіи и въ своемъ движеніи на дальнѣйшемъ пути онѣ никогда во всю вѣчность не сблизятся вновь. Для пространства же четырехъ измѣреній, которое можно создать воображеніемъ, какъ и многое несуществующее, доказывается, что кратчайшее разстояніе между двумя точками есть часть окружности съ безконечно большимъ поперечникомъ. Два тѣла, удаляющіяся другъ отъ друга по такой линіи, вновь сойдутся черезъ безконечность. Слѣдовательно, возможно безъ всякихъ новыхъ физическихъ допущеній, представить себѣ круговороты матеріи, при которыхъ послѣдняя поперемѣнно разсѣивается и уплотняется. Цельнеръ пришелъ въ концѣ концовъ къ этому послѣднему заключенію, т. е. къ существованію четвертаго измѣренія.

По нашему мнѣнію, подобные рискованные выводы свидѣтельствуютъ только о томъ, что, опираясь на идею о законченной безконечности (vollendete Unendlichkeit) можно доказать все и на самомъ дѣлѣ не доказать ничего. Вильгельмъ Вундтъ прекрасно различаетъ понятіе о законченной и становящейся безконечности (werdende Unendlichkeit). Мы, конечныя существа, можемъ имѣть дѣло только съ послѣдней, т. е. съ конечнымъ числомъ членовъ какого-то безконечно длиннаго ряда, съ конечнымъ накопленіемъ явленій и дѣйствій, безконечное продолженіе которыхъ мы можемъ вообразить себѣ и даже ввести въ свои разсужденія. Мы можемъ суммировать безконечно малые дифференціалы въ интегралы конечной величины. Примѣняя это разсужденіе къ астрономическимъ явленіямъ, мы должны, если не желаемъ натолкнуться на неразрѣшимое противорѣчіе, принимать, что въ ограниченныхъ областяхъ вселенной всюду совершаются ограниченныя дѣйствія, какія мы въ сущности только и знаемъ. Мы находимъ, напр., что въ звѣздномъ скопленіи Млечнаго Пути, къ которому принадлежитъ и наша планетная система, звѣзды такъ удалены другъ отъ друга, что дѣйствіе притяженія какого либо солнца на ближайшее ничтожно мало, и потому планетныя системы во вселенной, въ предѣлахъ ограниченнаго, но весьма большого промежутка времени можно считать вполнѣ самостоятельными, такъ сказать, стоящими изолировано. Отсюда мы можемъ даже заключить, что точно также и притягательное дѣйствіе всѣхъ остальныхъ еще неоткрытыхъ нами небесныхъ свѣтилъ можно считать какъ-бы несуществующимъ для насъ, другими словами: безконечнаго суммированія этихъ дѣйствій вовсе не происходитъ.

Правда, этимъ мы подвергаемъ сомнѣнію абсолютную справедливость тѣхъ формулъ, которыми выражаются лучистыя дѣйствія свѣтилъ, свѣтъ, тяготѣніе. Но по нашему мнѣнію, допускать безусловную примѣнимость математически точнаго закона въ сложной жизни матеріальнаго міра стольже невозможно и нелогично, какъ и основывать разсужденія на понятіи объ абсолютной безконечности, хотя бы они и удовлятворяли формальнымъ требованіямъ логики. Абсолютное есть такая же безконечность, какъ и всякая другая и въ дѣйствительности не можетъ быть мыслимо нами.

Относительно свѣта были высказаны соображенія, которыя разъясняютъ этотъ вопросъ. Какъ уже было говорено, Ольберсъ пришелъ къ тому выводу, что весь небесный сводъ долженъ бы имѣть яркость солнца, если бы количество свѣтилъ было безконечно, такъ какъ изъ каждой части вселенной до насъ доходили бы свѣтовыя волны. Напряженность свѣтоваго дѣйствія сама по себѣ не уменьшается съ увеличеніемъ разстоянія источника свѣта:

до насъ достигаетъ только тѣмъ меньше свѣтовыхъ волнъ, чѣмъ меньше становится кажущаяся величина тѣла вслѣдствіе увеличенія разстоянія. Но такъ какъ небесный сводъ не представляется намъ ярко свѣтящимся, то, по Ольберсу *), это доказываетъ, или что число свѣтящихся звѣздъ во вселенной конечно, или что свѣтъ на своемъ пути встрѣчаетъ сопротивленіе, т. е. другими словами существуетъ нѣчто въ родѣ небеснаго воздуха, который поглощаетъ свѣтъ совершенно такъ же, какъ наша земная атмосфера. Но это послѣднее предположеніе стоитъ въ противорѣчіи съ принципомъ сохраненія энергіи. Безконечно большое количество энергіи эфирнаго движенія, пропадающее въ формѣ свѣта, должно проявляться вновь въ видѣ безконечно большого же количества энергіи другого рода: можно представить только превращеніе ея въ теплоту. Небесное пространство въ теченіе того безконечно большого времени, какъ совершается превращеніе безконечно большого количества энергіи въ теплоту, должно было бы нагрѣться до безконечной степени, но этого на самомъ дѣлѣ нѣтъ. Поэтому, повидимому, не остается ничего иного, какъ считать количество свѣтящихся міровъ конечнымъ. Въ послѣднее время Зелигеръ показалъ, однако, что все это разсужденіе ошибочно. Именно, если на ряду съ любымъ количествомъ свѣтящихся міровъ, которое можно даже считать безконечно большимъ, существуютъ и темные міры, количество которыхъ даже при безконечно большомъ числѣ свѣтящихся міровъ можно было бы считать конечнымъ, то эти темные міры должны были бы скрывать часть лежащихъ за ними свѣтлыхъ и такимъ образомъ лишать насъ ихъ свѣта. Одно единственное темное тѣло, находящееся на конечномъ разстояніи, можетъ закрыть безконечное количество свѣтящихся точекъ, находящихся въ безконечности. То, что до сихъ поръ мы называли потуханіемъ звѣзднаго свѣта, только отчасти обязано поглощенію свѣта міровымъ эфиромъ помимо того оно происходитъ еще вслѣдствіе простого перспективнаго ;закрытія свѣтящихся тѣлъ темными міровыми тѣлами, а нѣтъ никакого сомнѣнія, что послѣдніе находятся въ міровомъ пространствѣ въ громадныхъ количествахъ. Но на вопросъ о безконечномъ числѣ міровъ это соображеніе со своей стороны не даетъ намъ никакого отвѣта.

Какъ свѣтъ на своемъ пути черезъ безконечное пространство гдѣ то задерживается и уничтожается тѣмъ или инымъ способомъ, то же самое должно совершаться и съ лучистымъ дѣйствіемъ силы тяготѣнія. Не разъ подвергался обсужденію вопросъ, имѣетъ ли простая формула Ньютона $m : r^2$ безусловное приложеніе какъ къ самымъ малымъ, такъ и къ самымъ большимъ разстояніямъ. Даже если совсѣмъ оставить въ сторонѣ безконечность, то все-таки эта формула, при ближайшемъ разсмотрѣніи, останется дѣйствительно необъяснимой, разъ мы вздумаемъ безъ всякихъ поправокъ примѣнять ее къ общему толкованію явленій. Формула эта прежде всего предполагаетъ, что тяготѣніе есть лучистая энергія, подобно свѣту, теплу и т. д. Если это дѣйствительно такъ, и если это излученіе нигдѣ не встрѣчаетъ сопротивленія, тогда данный законъ представляетъ необходимое требованіе, которое должно имѣть абсолютное примѣненіе. Постоянное дѣйствіе, исходящее изъ одной точки во всѣ стороны съ одинаковой силой, должно на всѣхъ шаровыхъ поверхностяхъ, окружающихъ этотъ центръ на любыхъ разстояніяхъ, производить то же самое общее дѣйствіе, если только постороннія вліянія не уменьшаютъ и не увеличиваютъ этого дѣйствія. Такъ какъ поверхности концентрическихъ шаровъ относятся, какъ квадраты радіусовъ, то это и объясняетъ для насъ

*) Лозанскій астрономъ Шезо высказалъ впрочемъ ту же мысль еще до Ольберса но на него не обратили вниманія.

знаменатель въ формулѣ Ньютона. Числитель, содержащій массу, выражаетъ, что отъ каждаго атома массы, окружающей центръ, исходитъ одинаковое дѣйствіе. Слѣдовательно формула Ньютона, при всѣхъ условіяхъ, справедлива безъ всякой поправки, если справедливы слѣдующія допущенія: 1) тяготѣніе распространяется изъ даннаго центра во всѣ стороны съ одинаковой силой; 2) оно не встрѣчаетъ во вселенной никакого сопротивленія; 3) каждому атому *) всѣхъ тѣлъ присуща равная и неизмѣнная сила тяготѣнія. Всѣ эти три допущенія ждутъ еще неопровержимаго экспериментальнаго доказательства. Пока оно не будетъ найдено, мы должны будемъ довольствоваться обсужденіемъ степени вѣроятности каждаго изъ нихъ.

Прежде всего мы имѣемъ здѣсь аксіому о лучистомъ дѣйствіи силы тяготѣнія. Она тѣсно связана съ третьимъ допущеніемъ, по которому эта сила присуща всѣмъ тѣламъ. Ньютонъ, открывшій всеобщее дѣйствіе тяготѣнія, выражался объ этомъ такъ: „мысль, что тяготѣніе есть естественное и необходимое свойство матеріи, присущее ей, въ силу котораго тѣло можетъ дѣйствовать на разстояніи на другое тѣло черезъ совершенно пустое пространство безъ посредство чего-либо, что переносило бы его дѣятельность и силу,—эта мысль представляется мнѣ столь большой нелѣпостью, что, я убѣжденъ, никто, обладающій достаточной способностью къ философскому разсужденію, никогда не можетъ держаться ея“. Здѣсь Ньютонъ вполнѣ ясно высказалъ то, что, однако, только съ Фарадея, Роб. Майера, Гельмгольца и Максвелля вошло, какъ слѣдуетъ, въ плоть и кровь физиковъ, именно ту идею, что всякая сила требуетъ какой-либо передачи, чтобы, исходя изъ одного тѣла дѣйствовать на другое. Черезъ абсолютно пустое пространство нѣтъ лучистаго дѣйствія. Каждое дѣйствіе передается отъ атома къ атому. Въ другихъ, такъ называемыхъ, лучистыхъ дѣйствіяхъ этотъ фактъ доказанъ достаточно убѣдительно: именно, въ теоріи свѣта, тепла, а Герцъ и его послѣдователи показали это и для электрическихъ явленій. Мы знаемъ, напр., что отъ центральнаго источника свѣта не идутъ, какъ предполагалось по старой теоріи истеченія, атомные токи со скоростью свѣта, но что съ этою скоростью распространяются гребни волнъ, гонимые свѣтящимися атомами, тогда какъ самая среда, въ которой возникаютъ эти волны, можетъ оставаться въ покоѣ. Понятно и съ физіологической точки зрѣнія, какимъ образомъ эти свѣтовыя волны вліяютъ со своей стороны на зрительныя колбочки нашей сѣтчатки, въ которой они вызываютъ ощущеніе свѣта.

Но подобныя эфирныя движенія не могутъ вызвать дѣйствія, подобнаго силѣ притяженія. Легко видѣть, что тѣло, гармонически колеблющееся взадъ и впередъ, не въ состояніи своими толчками сдвинуть съ мѣста другое тѣло и сообщить ему поступательное движеніе. Предметъ, плавающій на волнахъ морской поверхности, поднимается и опускается при прохожденіи волнъ, но не увлекается ими; это могутъ сдѣлать только волны рѣки. Если допустить, что изъ притягивающаго тѣла исходитъ атомный потокъ, то спрашивается, откуда берутся эти атомы: тѣло, производя дѣйствіе тяжести, не уменьшается; кромѣ того этимъ можно объяснить только отталкивательное дѣйствіе. Наконецъ, если атомный потокъ идетъ по направленію къ притягивающему тѣлу, то спрашивается, куда же дѣваются эти атомы въ послѣднемъ тѣлѣ, а затѣмъ, въ чемъ заключается притягательная сила тѣла, если мы не желаемъ допускать, что она присуща ему. Тѣло не можетъ на разстояніи заставить эти атомы приближаться къ нему и этимъ способомъ

---

*) Здѣсь и далѣе авторъ употребляетъ слово „атомъ“ не въ обычномъ, принятомъ въ наукѣ значеніи, а въ смыслѣ атома первичной матеріи, изъ которой, по его представленію, состоятъ всѣ тѣла. Такой первичной матеріей онъ считаетъ эфиръ.

Прим. пер. С. Созонова.

вызвать ихъ потокъ. Невозможно допустить, чтобы эфирные атомы въ пространствѣ, гдѣ они находились въ покоѣ, ни съ того ни съ сего устремлялись бы по направленію къ тѣлу, какъ только послѣднее будетъ помѣщено въ это пространство. Думать это — значитъ принимать ту самую силу, которую мы хотимъ объяснить, для ея же собственнаго объясненія. Въ такомъ случаѣ этотъ эфирный потокъ намъ совсѣмъ не нуженъ. Декартъ и другіе пытались воспользоваться вихревыми движеніями для объясненія притяженія. Въ такомъ случаѣ пришлось бы допустить, что внутри массивнаго тѣла атомы совершаютъ подобныя движенія, подъ вліяніемъ которыхъ другіе атомы, проникающіе снаружи въ промежутки между молекулами, именно, атомы эфира, приходятъ въ вихревое движеніе, и это движеніе уже передается все дальше и дальше. Механически это было бы, конечно, возможно, и подобныя движенія, какъ напр., движенія вращающихся планетъ можно было бы вывести изъ этого принципа. Однако, не говоря уже о томъ, что теорія тяготѣнія, какъ она вытекаетъ нынѣ изъ наблюденій надъ свѣтилами, не уживается съ этой идеей, это допущеніе собственно ничего не дало бы и для объясненія самой теоріи, такъ какъ образованіе остающихся постоянныхъ вихрей въ массахъ оставалось бы непонятнымъ. Непонятное было бы перенесено на другое мѣсто, но не устранено; необъяснимое замѣнено необъяснимымъ.

Новѣйшіе изслѣдователи для разрѣшенія загадки тяготѣнія пробовали пользоваться послѣдними успѣхами физики, именно **кинетической теоріей газовъ**. Оказывается, что атомы газа движутся прямолинейно съ большою скоростью, и этимъ вызываются явленія упругости и другія свойства газовъ. Скорость этого прямолинейнаго движенія, вѣроятно, можетъ становиться даже больше скорости распространенія свѣта. Газовые атомы, предоставленные самимъ себѣ въ свободномъ пространствѣ, начинаютъ расходиться въ разныя стороны и только отчасти встрѣчаютъ препятствіе со стороны сосѣднихъ атомовъ, ударяются о нихъ, отскакиваютъ отъ нихъ и такимъ образомъ колеблются взадъ и впередъ съ большою скоростью; при этомъ амплитуда колебанія ихъ будетъ тѣмъ больше, чѣмъ меньше плотность массы газа. Такъ какъ въ міровомъ пространствѣ существуютъ массы, изъ которыхъ могутъ выдѣляться газы, то можно принять, что атомы этихъ газовъ въ безконечномъ пространствѣ, въ концѣ концовъ, становятся совершенно свободными и движутся прямолинейно съ равномѣрною скоростью. Скоро мы убѣдимся, что прямолинейное поступательное движеніе съ равномѣрной скоростью есть единственное, которое прежде всего надо приписать матеріи, чтобы объяснить астрономическія, а также и физическія свойства ея, какія мы наблюдаемъ. Итакъ, будемъ считать доказаннымъ, что въ міровомъ пространствѣ движутся прямолинейно съ равномѣрною скоростью по всѣмъ направленіямъ массы атомовъ, пока не натолкнутся на какое нибудь препятствіе. Положимъ, что на пути такого атомнаго потока встрѣчается какая нибудь болѣе плотная масса. Въ физикѣ точно доказано, что какъ бы плотна ни была масса, между ея частицами имѣются свободные промежутки, которые, по сравненію съ величиною самихъ молекулъ не меньше, чѣмъ по отношенію къ небеснымъ тѣламъ промежутки, отдѣляющіе послѣднія другъ отъ друга. Если бы существовали микроскопы, въ которыхъ молекулы можно бы было различать отдѣльно, тогда въ такой микроскопъ булавочная головка, освѣщенная солнцемъ, представляла бы подобіе съ отдаленными звѣздными кучами, гдѣ солнца кажутся намъ столь же скученными, какъ въ данномъ случаѣ молекулы. Черезъ промежутки между молекулами эфирные атомы въ большинствѣ случаевъ могли бы проникать свободно и по другую сторону даннаго мірового тѣла они безпрепятственно неслись бы далѣе въ пространствѣ.

Другая часть атомовъ обязательно должна ударяться о молекулы мірового тѣла, стремясь увлечь ихъ съ собою. Но молекулы гораздо больше, чѣмъ эфирные атомы; онѣ будутъ оказывать сопротивленіе движенію; съ своей стороны онѣ будутъ при своемъ движеніи встрѣчать сопротивленіе со стороны другихъ молекулъ массы и придутъ такимъ образомъ обязательно въ колебательное движеніе. Такъ какъ со всѣхъ сторонъ на массу производятся равныя дѣйствія, которыя движутъ молекулы къ центру, хотя онѣ затѣмъ и отскакиваютъ, подобно маятнику, то въ результатѣ происходитъ постепенное сгущеніе этой массы, которое мы и замѣчаемъ всюду. Каждое тѣло, не достигшее еще наибольшей плотности, сгущается подъ вліяніемъ собственной тяжести и развиваетъ при этомъ въ самомъ себѣ тепло. Мы видѣли такимъ образомъ, какъ это должно происходить подъ вліяніемъ эфирныхъ атомовъ, со всѣхъ сторонъ ударяющихся о тѣло, которое само по себѣ не обладаетъ силою тяготѣнія или тепла: какъ показала физика, явленія тепла можно объяснить только колебаніемъ частицъ тѣла̀, излучающаго тепло. Когда же колебанія атомовъ усилятся до нѣкоторой опредѣленной степени, то тепло переходитъ въ свѣтъ.

Но какъ же объяснить теперь лучистое дѣйствіе тепла и свѣта такого тѣла? Для этого стоитъ только допустить, что послѣдующіе эфирные атомы ударяются уже о колеблющіяся частицы и отбрасываются ими обратно. Если это происходитъ въ тотъ моментъ, когда молекула движется къ центру, то отраженное дѣйствіе извнѣ приходящаго атома будетъ меньше, чѣмъ было бы въ слѣдующій затѣмъ моментъ, когда колебаніе частицы совершается въ сторону отъ центра. Тогда атомъ получаетъ часть живой силы частицы и продолжаетъ свой путь быстрѣе, чѣмъ его ближайшій предшественникъ. Слѣдовательно, въ потокѣ атомовъ, отскакивающихъ отъ разсматриваемаго мірового тѣла, будутъ происходить сгущенія и разряженія, слѣдующія тому же самому закону, какъ и колебанія молекулъ самого свѣтила. Когда этотъ потокъ встрѣтитъ наблюдателя, то послѣдній замѣтитъ въ немъ продольныя волны свѣта и тепла. По нашему мнѣнію, теорія свѣта не исключаетъ возможности того, что эфиръ, этотъ носитель свѣтовыхъ волнъ, исходитъ отъ свѣтящагося тѣла со среднею скоростью свѣта, но для объясненія самихъ свѣтовыхъ явленій намъ нужны только перемежающіяся разности, благодаря которымъ эфирные атомы даютъ сгущенія и разряженія, распространяющіяся поступательно. Мы думаемъ, что эти взгляды не представляютъ возвращенія къ теоріи истеченія свѣта.

Потокъ отскакивающихъ эфирныхъ атомовъ со всѣхъ сторонъ окружаетъ разсматриваемое міровое тѣло. Такъ какъ эти атомы совершили въ міровомъ тѣлѣ работу, пытаясь сгустить его и производя въ немъ тепловыя и свѣтовыя колебанія, то скорость ихъ при этомъ должна была уменьшиться. Представимъ себѣ теперь второе міровое тѣло вблизи перваго. Удары эфирныхъ атомовъ, окружающихъ его въ міровомъ пространствѣ, не могутъ быть въ суммѣ такъ же велики со стороны перваго мірового тѣла, какъ въ остальныхъ направленіяхъ, такъ какъ эфирные атомы, приходящіе отъ перваго тѣла, обладаютъ уменьшенною скоростью. Результатъ получается такой, что атомные удары, идущіе изъ мірового пространства съ противоположной стороны, будутъ имѣть перевѣсъ и толкать второе тѣло къ первому. Такъ объясняется видимое притяженіе перваго тѣла качественно. Спрашивается только, можно ли изъ этой идеи вывести Ньютонову формулу и движеніе міровыхъ тѣлъ?

Эфирные атомы, высылаемые первымъ тѣломъ, должны обязательно расходиться отъ него лучами, а только они одни и вызываютъ, вслѣдствіе уменьшенія скорости по сравненію со скоростью еще не отраженныхъ атомовъ эфира, явленіе тяготѣнія по изложенному нами воззрѣнію. Этимъ способомъ одна часть Ньютонова закона, — именно, уменьшеніе притяженія

съ квадратомъ разстоянія, — согласуется съ нашей гипотезой, такъ какъ мы уже дали вполнѣ общее доказательство, что всякое лучистое дѣйствіе должно слѣдовать этому закону. Гораздо сложнѣе представляется, однако, вопросъ, совмѣстима ли эта гипотеза съ другой частью Ньютонова закона, именно, что дѣйствіе силы тяготѣнія пропорціонально массѣ. Конечно, ясно, что отъ тѣла должно отражаться тѣмъ больше эфирныхъ атомовъ, чѣмъ больше въ немъ молекулъ, о которыя атомы могутъ ударяться. Но зато мы здѣсь наталкиваемся на дилемму, стоящую въ связи съ вопросомъ о такъ называемой „прозрачности матеріи для силы тяжести". Если каждая молекула массивнаго тѣла, какъ бы глубоко она ни залегала внутри тѣла, можетъ отразить одинъ атомъ, то промежутки между молекулами должны быть такъ велики, чтобы ни одна молекула не закрывала пути къ молекуламъ, лежащимъ въ глубинѣ. Но тогда нѣтъ никакихъ основаній, почему обязательно данная молекула должна испытать ударъ. Здѣсь мы встрѣчаемъ неустранимое противорѣчіе съ фактами, если только принимать Ньютоновъ законъ безъ поправки. Какое бы допущеніе о причинѣ тяготѣнія мы ни сдѣлали, всегда, — при томъ условіи, что это допущеніе требуетъ прямой передачи дѣйствія отъ атома къ атому, — мы обязательно придемъ къ выводу, что не всѣ молекулы извѣстнаго скопленія массъ будутъ испытывать дѣйствіе притяженія. Отношеніе это должно имѣть тотъ же характеръ, какъ и для свѣтовыхъ лучей, идущихъ къ намъ отъ звѣздъ вселенной. Какъ здѣсь одна звѣзда задерживаетъ лучи другой, и они не могутъ продолжать своего пути, также точно часть молекулъ извѣстнаго скопленія массъ должна задерживать дѣйствіе притяженія другой части. Такимъ образомъ, повидимому, съ современными основами ученія о природѣ совершенно не мирится представленіе, что притяженіе точно пропорціонально массѣ. Когда нибудь въ Ньютонову формулу придется вставить еще одинъ членъ съ отрицательнымъ знакомъ, весьма малый по сравненію съ первымъ. Для того, чтобы сохранилась аналогія со свѣтомъ, тяготѣніе должно испытывать поглощеніе какъ въ міровомъ пространствѣ, такъ и въ самомъ тѣлѣ, изъ котораго оно исходитъ, и тогда сразу устраняются всѣ противорѣчія, указанныя при началѣ нашихъ разсужденій, согласно которымъ дѣйствія тяготѣнія должны накопляться въ безконечной степени, если только количество существующихъ міровъ безконечно велико. Какъ каждое свѣтовое дѣйствіе по прохожденіи извѣстнаго пути въ концѣ концовъ должно исчезнуть, также точно и притягательное дѣйствіе слишкомъ отдаленныхъ міровыхъ комплексовъ въ концѣ концовъ прекращается вполнѣ.

Но, готовясь поколебать законъ пропорціональности притяженія массамъ, мы должны, конечно, прежде всего задать вопросъ, не противорѣчатъ ли этому наблюдаемые факты. Разсматривая возникновеніе начала Ньютона, возмущенія и т. п., мы уже видѣли, какъ трудно астрономическимъ путемъ опредѣлять массы, если даже законъ Ньютона и считать вполнѣ справедливымъ. Однако, независимо отъ этого производить прямыя опредѣленія массъ, за исключеніемъ тѣхъ, которыя относятся къ самой нашей землѣ, совсѣмъ невозможно. Мы можемъ класть міровыя тѣла только на чашку тѣхъ вѣсовъ, которые были открыты геніемъ Ньютона. Даже опредѣленіе массы земли, возможное только физическимъ путемъ, нельзя произвести съ точностью, какая требуется, чтобы рѣшить, измѣняются ли сила тяжести въ иномъ отношеніи, чѣмъ пропорціонально возрастанію массъ. Для этихъ изслѣдованій требовалось бы, чтобы для тяготѣнія отысканы были законы, аналогичные тѣмъ, какіе найдены для другихъ лучистыхъ дѣйствій, напр., для дѣйствій свѣта въ срединѣ, оказывающей сопротивленіе. Во всякомъ случаѣ, при тяготѣніи не можетъ быть и рѣчи о явленіяхъ, вызываемыхъ волнообразными движеніями эфира. Но было

бы, конечно, весьма существеннымъ шагомъ впередъ, если бы удалось экпериментально показать неполную „прозрачность" матеріи для лучей тяготѣнія. Изъ этого далѣе непосредственно слѣдовала бы уже необходимость явленій отраженія. Произведенные въ этомъ направленіи опыты до сихъ поръ, однако, не давали результатовъ, и это не удивительно, если принять въ разсчетъ, при какихъ неблагопріятныхъ условіяхъ приходится ставить такіе опыты, въ непосредственной близости земного тѣла, излучающаго громадную для насъ силу тяготѣнія. Мы имѣемъ здѣсь то же самое, какъ если бы намъ пришлось производить точнѣйшія измѣренія надъ напряженностью свѣта при самомъ яркомъ солнечномъ освѣщеніи. Данныя механики неба, во всякомъ случаѣ, свидѣтельствуютъ съ несомнѣнностью о весьма значительной прозрачности всякой матеріи для лучей тяготѣнія, и потому весьма мало надежды ближе подойти къ рѣшенію этихъ вопросовъ физическимъ путемъ, такъ какъ намъ не удастся получить достаточную тѣнь отъ лучей тяготѣнія, въ которой мы могли бы производить наши опыты.

Зато движенія небесныхъ свѣтилъ представляютъ матеріалъ для подобныхъ экспериментовъ въ громадныхъ размѣрахъ. Если мы будемъ продолжать точныя наблюденія надъ движеніями небесныхъ свѣтилъ, опираясь на законъ Ньютона, и констатируемъ затѣмъ безусловныя отклоненія такого рода, какое уже замѣчается, напр., въ движеніи перигелія Меркурія, то намъ удастся изъ наблюденій вывести предполагаемую поправку для формулы Ньютонова закона тяготѣнія. Уже не разъ пытались, напр., Лапласъ, Гринъ (Green), Нейманъ и Зелигеръ вывести новыя формулы, которыя не стояли бы въ противорѣчіи съ астрономическими фактами и въ тоже время устраняли бы указанныя выше неточности, къ какимъ приводитъ строгое примѣненіе формулы Ньютона. Пытались эти формулы сравнить путемъ вычисленій съ остающимися еще отклоненіями въ движеніяхъ перигелія. Матеріалъ для этого даетъ въ наше время прежде всего, громадное изслѣдованіе Ньюкомба о нашей планетной системѣ (см. стр. 608). Но было бы пока преждевременно дѣлать выводы изъ найденныхъ совпаденій.

Не рискуя допускать факта, противнаго нашему современному пониманію природы, именно, что тяготѣніе распространяется въ пространствѣ съ безконечной скоростью, и представляя себѣ, что скорость распространенія его близка къ скорости свѣта, мы должны ждать, что въ явленіяхъ тяготѣнія должно проявиться нѣчто аналогичное аберраціи свѣта. На это впервые указалъ Вильгельмъ Веберъ. Именно, если атомные толчки ударяются о движущееся тѣло, то сила ихъ должна измѣняться въ отношеніи, соотвѣтствующемъ извѣстной величинѣ обоихъ дѣйствій. Измѣненіе будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ сильнѣе движется тѣло; подобное вліяніе опять таки можетъ раньше другихъ обнаружить Меркурій. Если же скорость распространенія тяготѣнія равна скорости свѣта, то по разсчету необходимая поправка для другихъ планетъ ничтожно мала и незамѣтна для нашего современнаго наблюдательнаго искусства. Въ виду того, что скорость распространенія тяготѣнія экспериментально не обнаружена совсѣмъ, надо разсчитывать, что и въ этомъ вопросѣ дальнѣйшее изслѣдованіе планетныхъ движеній, произведенное съ возможно большею точностью, можетъ повести къ интереснѣйшимъ выводамъ.

---

14. Исторія развитія міровъ.

Въ предыдущемъ изложеніи мы сдѣлали попытку составить наглядное представленіе о дѣйствіи и о распространеніи всеобщей силы, управляю-

щей какъ движеніями миріадовъ свѣтилъ въ безграничномъ міровомъ пространствѣ, такъ и движеніями, происходящими внутри свѣтилъ и вызывающими сжатіе свѣтилъ и излученіе свѣта и тепла. Безъ сомнѣнія, эта же самая сила управляетъ и ходомъ развитія свѣтилъ. Но для насъ остается еще необъясненнымъ, откуда происходитъ движеніе другого рода, благодаря которому вращающіеся міры уравновѣшиваютъ дѣйствіе тяготѣнія: мы говоримъ о центробѣжной силѣ. Послѣдняя, однако, неправильно носитъ названіе силы, ибо достаточно одного, единственнаго толчка, чтобы при участіи тяготѣнія могли образоваться тѣ коническія сѣченія, которыя выше были подробно разсмотрѣны (стр. 591). Если бы дѣйствіе тяжести прекратилось, движеніе по касательной продолжалось бы вѣчно; это значитъ, что если бы солнце внезапно исчезло, то планеты вѣчно двигались бы прямолинейно при томъ условіи, что во всемъ дальнѣйшемъ пути на нихъ не дѣйствовала бы никакая сила. Итакъ, если мы поставили себѣ задачей уяснить движеніе вещества въ мірозданіи, то намъ надо отыскать причину того единственнаго толчка, который могъ совершиться когда-то, въ первые моменты развитія міровыхъ системъ.

Какъ представить себѣ исторію развитія міровъ? Для рѣшенія этого вопроса высказано было чрезвычайно много гипотезъ; но въ большинствѣ случаевъ лица, высказывавшія гипотезы, недостаточно владѣли фактами, требующими разъясненій, а часть даже не имѣла той ясности мысли, какая необходима при построеніи гипотезъ, пожалуй, даже болѣе, чѣмъ при всякой другой умственной операціи: иначе здѣсь легко сбиться съ дороги и попасть на сомнительные пути, ложность которыхъ, однако, не будетъ замѣчена. Нѣтъ ничего легче, какъ придумать для наблюденнаго явленія какую либо причину, которая бы объясняла его, а затѣмъ и начать отыскивать новыя причины для всѣхъ остальныхъ явленій. Но отъ хорошей гипотезы требуется, чтобы она при возможно малыхъ допущеніяхъ приводила во взаимную связь и выясняла по возможности всѣ явленія даннаго круга. Отъ творца гипотезы прежде всего требуется, чтобы онъ вполнѣ владѣлъ всѣми явленіями, о которыхъ идетъ рѣчь.

Даже такимъ мыслителямъ, какъ Кантъ и Лапласъ, принадлежавшимъ къ числу первыхъ умовъ всѣхъ временъ, не удалось создать гипотезъ мірообразованія, которыя уцѣлѣли бы во всѣхъ подробностяхъ при современныхъ астрономическихъ знаніяхъ. Поэтому, если мы въ дальнѣйшемъ изложеніи и дѣлаемъ попытку увеличить число уже существующихъ гипотезъ еще новой, то вовсе не изъ дерзкаго желанія дать что нибудь лучшее того, что уже существуетъ, а руководясь убѣжденіемъ, что простой ходъ идей, опирающійся на атомическую основу, быть можетъ, вызоветъ болѣе подробное изслѣдованіе.

Удовлетворяя условію,—дѣлать какъ можно меньше предположеній,—мы не станемъ вводить никакихъ иныхъ допущеній кромѣ того, что мы видимъ дѣйствительно, и что несомнѣнно, именно: мірозданіе наполнено большимъ числомъ тѣлъ всѣхъ размѣровъ, движущихся со всевозможными скоростями, а на основаніи извѣстныхъ уже соображеній мы исключаемъ возможность, чтобы эти размѣры и скорости могли быть безконечными. Такъ какъ способъ дѣйствія различныхъ силъ, какія физика и астрономія приписываютъ матеріи, не вполнѣ разъясненъ, то мы и не станемъ приписывать ей никакихъ силъ, если не считать силой стремленіе матеріи выполнять пространство мельчайшими частицами, т. е. атомами. Далѣе, такъ какъ возникновеніе криволинейнаго движенія, по обычнымъ воззрѣніямъ, можно объяснить только при допущеніи постоянно дѣйствующей силы, то въ число нашихъ допущеній мы не включаемъ криволинейнаго движенія. Такимъ образомъ, точно формулируя, мы вводимъ слѣдующія допущенія:

1) существуютъ части пространства, въ которыя другія имъ подобныя не въ состояніи проникать, это абсолютно твердые атомы (см. прим. на стр. 647); они могутъ имѣть любую внѣшнюю форму и потому ихъ дѣйствіе въ общемъ можетъ быть разсматриваемо, какъ дѣйствіе шаровъ; 2) эти атомы движутся въ пространствѣ прямолинейно и съ равномѣрной скоростью, именно, въ среднемъ со скоростью, которая, по крайней мѣрѣ, равна скорости распространенія свѣта.

Чтобы построить только на этихъ двухъ аксіомахъ міроздание и объяснить его развитіе, мы будемъ исходить изъ очевиднаго факта, что атомы распредѣлены въ міровомъ пространствѣ неравномѣрно. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ находятся громадныя скопленія массъ, а между ними имѣются большія, почти пустыя пространства, въ которыхъ движутся только свободные атомы эфира. Они производятъ дѣйствія тяготѣнія и свѣта, какъ это мы уже ранѣе развили болѣе подробно, опираясь на тѣ же самыя двѣ аксіомы. Для нашей задачи безразлично, съ какого изъ разнообразнѣйшихъ скопленій массъ, встрѣчающихся въ природѣ, начать наше объясненіе. Пользуясь этой свободой, мы выберемъ простѣйшее состояніе матеріи, какое даетъ намъ вселенная, именно — туманность неправильной формы. Существованіе таковой свидѣтельствуетъ, что въ данномъ мѣстѣ мірового пространства движущіеся вокругъ атомы эфира перестаютъ уже быть свободными. Здѣсь они накопляются, поэтому здѣсь должно быть такое условіе, благодаря которому они могли бы оставаться вмѣстѣ. Такимъ условіемъ и является неравномѣрное распредѣленіе матеріи. Намъ нечего повторять, какъ такое скопленіе матеріи должно постепенно сгущаться подъ вліяніемъ свободныхъ эфирныхъ атомовъ вслѣдствіе того, что въ такомъ мѣстѣ имѣется больше вѣроятностей для столкновенія непроницаемыхъ частицъ пространства (атомовъ). Сгущеніе туманности, которую мы сначала представляемъ составленною изъ почти свободныхъ эфирныхъ атомовъ, можно понять только такъ, что колебательныя движенія, происходящія отъ ударовъ и отраженій, въ срединѣ туманности должны совершаться чаще всего, такъ какъ черезъ нее проходитъ наибольшее количество атомныхъ путей; это можно показать разсчетомъ.

Здѣсь мы должны предварительно сдѣлать еще одно новое допущеніе, которое, однако, надо признать теоретически необходимымъ, если разсматривать силу тяжести на основаніи изложеннаго атомистическаго воззрѣнія. Именно, мы должны принять, что атомы, совершающіе вначалѣ только маятникообразныя движенія въ туманности, подъ вліяніемъ столкновеній, все болѣе и болѣе учащающихся къ центру, начнутъ совершать движенія по весьма вытянутымъ эллиптическимъ путямъ. Если мы будемъ представлять себѣ общее дѣйствіе всѣхъ происходящихъ столкновеній, какъ сопротивленіе, возрастающее къ центру туманности и производимое веществомъ туманности на движеніе каждаго отдѣльнаго атома, то малѣйшія неправильности въ распредѣленіи массъ, дѣйствительно, измѣнятъ маятникообразныя движенія въ движенія другой формы, при которыхъ тѣло будетъ уже возвращаться назадъ не тѣмъ путемъ, какимъ оно двигалось впередъ. Но уже самое существованіе этого скопленія матеріи показываетъ, что большая часть атомовъ, принадлежащихъ скопленію, не возвращается въ безграничное пространство. Касательная скорость, которую надо было объяснить для пониманія движеній небесныхъ тѣлъ, сообщается боковыми ударами атомамъ разсматриваемаго тѣла; безъ боковыхъ ударовъ они двигались бы только черезъ центръ туманности взадъ и впередъ. Единственный боковой толчокъ сообщаетъ отдѣльнымъ частичкамъ матеріи пути по коническимъ сѣченіямъ всевозможныхъ формъ, среди которыхъ, однако, будутъ преобладать эллиптическіе, такъ какъ туманность сохраняетъ эллип-

тическую форму. Итакъ, мы можемъ представить себѣ, что въ туманности атомы, обладающіе еще нѣкоторой свободой, описываютъ очень большіе пути, которые можно сравнить съ орбитами кометъ нашей солнечной системы. Само собой понятно, что движенія, которыя мы замѣчаемъ главнымъ образомъ на большихъ міровыхъ тѣлахъ, будутъ наблюдаться и на самыхъ мельчайшихъ скопленіяхъ массъ, даже на атомахъ, пока только впрочемъ послѣдніе могутъ двигаться свободно. Наша задача далѣе заключается въ томъ, чтобы въ эту путаницу движеній по коническимъ сѣченіямъ, по которымъ мельчайшія части туманности, имѣющей размѣры цѣлой міровой системы, кружатся другъ около друга, внести тотъ порядокъ, какой мы находимъ въ настоящій моментъ въ различныхъ частяхъ небеснаго пространства.

Итакъ, мы видѣли, какъ начинается и продолжается процессъ сгущенія туманности, предоставленной самой себѣ. Легко также показать, что туманность при этомъ должна постепенно принимать шарообразную форму. Орбиты частицъ, отдѣляющіяся необычайно далеко отъ центра тяжести, должны имѣть большіе эксцентрицитеты, т. е. въ перигеліи, — если мы воспользуемся уже здѣсь этимъ терминомъ,— онѣ должны близко подходить къ наиболѣе сгущенной части туманности, прежде чѣмъ въ своемъ движеніи онѣ встрѣтятъ наибольшее сопротивленіе. Накопляющіяся въ этомъ мѣстѣ возмущенія постоянно уменьшаютъ эксцентрицитетъ, и только когда эллиптическіе пути превратятся почти въ круговые, возмущенія прекращаются. Когда же всѣ пути превращаются въ круговые и когда всевозможныя положенія этихъ путей имѣютъ одинаковую вѣроятность, то получается шарообразная туманность.

Вначалѣ всѣ направленія движеній, т. е. прямыя и обратныя должны быть одинаково вѣроятны; туманность не имѣетъ вращательнаго движенія. Но, несмотря на то, ея уплотненіе все продолжается и продолжается. При такомъ условіи вблизи какой либо частички, совершающей на опредѣленномъ разстояніи отъ центра прямое движеніе, должна существовать частичка съ обратнымъ движеніемъ. Между обѣими легко можетъ произойти столкновеніе, вслѣдствіе котораго энергія движенія столкнувшихся тѣлъ пропадаетъ, и оба они вмѣстѣ упадутъ къ центру. Если существуетъ столько же частичекъ съ прямымъ движеніемъ, сколько и съ обратнымъ,— такое допущеніе представляетъ нѣчто исключительное и потому, конечно, въ мірѣ не осуществимо вполнѣ,—то съ тѣломъ не произойдетъ никакихъ дальнѣйшихъ измѣненій, если оно не подвергнется извнѣ новому дѣйствію. Всѣ тѣла съ прямымъ движеніемъ мало по малу будутъ сталкиваться съ тѣлами, имѣющими обратное движеніе, и будутъ падать къ центру, пока все образованіе не достигнетъ наибольшей плотности. Въ дѣйствительности, условіе одинаковаго распредѣленія прямыхъ и возвратныхъ орбитъ никогда не выполнимо въ точности; а въ такомъ случаѣ наше развивающееся міровое тѣло уже съ самаго начала будетъ имѣть вращательное движеніе, хотя и медленное, которое есть результатъ перевѣса, напр., прямыхъ орбитъ надъ обратными.

Положимъ, что на опредѣленномъ разстояніи отъ центра движутся по прямому направленію семь тѣлъ со скоростью, отвѣчающей Ньютонову закону, а пять тѣлъ съ такою же скоростью движутся въ обратномъ направленіи. Если подъ вліяніемъ общаго вращенія, образующагося при этомъ, нѣкоторое тѣло будетъ двигаться, то оно въ $5+7=12$ единицъ времени переместится на $7-3=2$ единицы пути, т. е. въ общемъ оно обладаетъ скоростью равной $2:12$ или одной шестой избранной единицы. Но мы видѣли уже, что съ теченіемъ времени отдѣльный элементъ массы съ прямымъ движеніемъ сталкивается съ элементомъ, имѣющимъ обратное движеніе, и оба вмѣстѣ падаютъ къ центру; слѣдовательно, черезъ нѣкоторое

время на данномъ разстояніи будутъ обращаться только шесть прямыхъ и четыре обратныхъ элемента. Скорость теперь будетъ равна (6—4) : (6+4), т. е. одной пятой; она увеличилась. Послѣ паденія слѣдующей пары вычисленіе дастъ (5—3) (5+3), т. е. одну четверть. Послѣ паденія противоположныхъ движеній новой пары получается треть, затѣмъ половина и въ концѣ концовъ, когда исчезнутъ всѣ элементы съ обратнымъ движеніемъ, останется единица. Изъ этого простого соображенія слѣдуетъ только то, что было выведено и изъ Ньютонова закона путемъ сложныхъ теоретическихъ изслѣдованій, именно, что въ системѣ міровыхъ тѣлъ, которыя обращаются вокругъ одного центра, становятся возможны къ концу продолжительнаго періода только движенія въ одномъ и томъ же направленіи. Тѣла съ обратнымъ движеніемъ выталкиваются изъ системы подъ вліяніемъ постоянно накопляющихся возмущеній (ср. стр. 603). Исключеніе представляютъ только изолированныя незначительныя скопленія массъ, извѣстныя намъ въ нашей системѣ подъ именемъ кометъ съ обратнымъ движеніемъ; ихъ мы можемъ считать послѣдними остатками бывшей нѣкогда туманности,—остатками, которые образовались изъ очень отдаленныхъ выступовъ послѣдней и которые потому мало подвергались сильному дѣйствію сгущенія большого мірового образованія.

Итакъ, мы разсмотрѣли, какимъ образомъ изъ хаотической туманности образуется шарообразная такъ называемая **планетарная туманность**, уплотняющаяся къ своей рединѣ, т. е. второй видъ міровыхъ тѣлъ, разсѣянныхъ въ небесномъ пространствѣ. Допуская извѣстное преобладающее направленіе въ движеніи, мы тѣмъ самымъ принимаемъ, что нашъ шаръ обладаетъ осью вращенія, полюсами и экваторомъ. Геометрически преобладаніе извѣстнаго направленія ведетъ къ тому, что наклоненія орбитъ отдѣльныхъ элементовъ массы группируются относительно опредѣленной плоскости такъ, что перевѣсъ берутъ малыя наклоненія. Наклоненія свыше 90 градусовъ принадлежатъ уже тѣламъ съ обратнымъ движеніемъ. Возмущенія такихъ тѣлъ, какъ мы знаемъ, становятся тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе выражено это ихъ свойство, т. е. чѣмъ больше наклоненія ихъ орбитъ. Съ атомистической точки зрѣнія это легко понять: при столкновеніи два атома разрушатъ одинъ въ другомъ тѣмъ болѣе энергіи движенія, чѣмъ больше различіе въ направленіяхъ сталкивающихся тѣлъ. Когда исчезнутъ тѣла съ обратнымъ движеніемъ, т. е. имѣющія орбиты съ наклоненіемъ больше 90°, то описанныя дѣйствія перемѣщаются и сказываются больше всего на орбитахъ, лежащихъ около 90°. Столкновенія уменьшаютъ орбиты такихъ тѣлъ чаще сравнительно съ другими. Такъ какъ по этимъ орбитамъ тѣла движутся по направленію къ полюсу шара, то понятно, что въ этомъ направленіи шаръ долженъ постепенно обнаруживать сжатіе. Изъ шара образуется эллипсоидъ, а въ концѣ концовъ чечевицеобразное тѣло. Такимъ образомъ по мѣрѣ развитія міровъ возникаетъ третій родъ небесныхъ тѣлъ — **эллиптическія**, а затѣмъ **совершенно вытянутыя туманности**, какія изображены на рисункахъ на нашихъ таблицахъ къ стр. 363.

Можно показать далѣе, что наша эллиптическая туманность должна принять вихревое движеніе, хотя бы она и была предоставлена далѣе самой себѣ. Какъ мы знаемъ, сила притяженія, какую испытываетъ частичка массы, находящаяся въ большомъ шарообразномъ скопленіи матеріи, вовсе не зависитъ отъ той массы, разстояніе которой отъ центра больше разстоянія разсматриваемой частицы. Отсюда слѣдуетъ, что внутри однороднаго тѣла любого строенія сила тяжести должна все уменьшаться къ центру пропорціонально радіусу, такъ какъ масса подобно объему уменьшается пропорціонально кубу радіуса, а сила тяжести возрастаетъ пропорціонально квадрату радіуса. Если сравнимъ скорость по касательной, уравновѣшивающую, какъ выше ска-

зано, силу тяжести на различныхъ разстояніяхъ отъ центра, то окажется, что въ тѣлѣ съ очень большимъ поперечникомъ при процессѣ уменьшенія его эта скорость сначала замедляется и только при опредѣленномъ отношеніи поперечника ко всей массѣ опять ускоряется. Внѣшнія части туманности поэтому опережаютъ внутреннія, и на этой ступени развитія движенія имѣютъ характеръ какъ разъ обратный тому, что наблюдается въ законченной планетной системѣ, подобной нашей, гдѣ главная масса соединена въ центрѣ. Легко видѣть, что вслѣдствіе такого опережанія, которое распространяется только на извѣстную глубину, должны образоваться спиральные завитки матеріи, и точно также, что въ концѣ концовъ отъ внутренней центральной массы должно отдѣлиться внѣшнее кольцо. Такимъ путемъ образуются спиральныя и кольцевыя туманности.

Уже при описаніи типическихъ формъ туманностей (стр. 355 и сл.) мы обратили вниманіе на то, что многія спиральныя туманности сопровождаются малой туманностью, которая стоитъ въ связи съ завитками большой. Эта связь обыкновенно указываетъ на то, что совершилось столкновеніе обѣихъ туманностей, что одна туманность увлекла съ собою часть вещества другой. Такого столкновенія двухъ міровыхъ тѣлъ можно ожидать тѣмъ чаще, чѣмъ больше размѣры этихъ тѣлъ, т. е. чѣмъ на болѣе ранней ступени развитія они стоятъ. Мы избѣгали вводить въ наши разсужденія понятіе о безконечности, вообще о какомъ бы то ни было абсолютномъ состояніи матеріи или всего мірозданія. Мы представляли себѣ, что образовательные процессы совершаются только въ нѣкоторой части міровой матеріи, въ какой либо опредѣленной области пространства, но мы не должны упускать изъ вниманія и того вліянія, какое оказываютъ на это образованіе и другія міровыя тѣла во время процесса развитія. Разъ мы видѣли, что мельчайшія частички подъ вліяніемъ постоянныхъ столкновеній другъ съ другомъ или съ посторонними эфирными атомами группируются по тѣмъ же законамъ, какіе управляютъ движеніями и группировкой громаднѣйшихъ скопленій матеріи, то мы должны также признать и столкновеніе двухъ міровыхъ тѣлъ не только возможнымъ, но и необходимымъ. Намъ впрочемъ извѣстны уже и примѣры, что многія небесныя явленія, особенно вспыхиваніе нѣкоторыхъ новыхъ звѣздъ (см. стр. 420 и сл.), объясняются не иначе, какъ такимъ именно столкновеніемъ. Когда же одна туманность попадетъ въ другую извнѣ, то возникшее вихревое движеніе должно быть всего сильнѣе на внѣшнихъ предѣлахъ большой туманности. Слѣдовательно и въ данномъ случаѣ движеніе съ наибольшей скоростью мы имѣемъ на поверхности.

На движеніе посторонней малой туманности кромѣ того оказываетъ, конечно, вліяніе сила притяженія большой. Можно представить себѣ, что малая туманность съ самаго начала принадлежала уже къ большой туманности и составляла ея особенно плотное сгущеніе, вокругъ котораго скоплялась матерія, какъ вокругъ второго центра. Въ такомъ случаѣ легко понять и ея эллиптическое движеніе. Но даже если это тѣло проникло извнѣ, то его первоначальное гиперболическое движеніе можетъ превратиться въ эллиптическое вслѣдствіе сопротивленія, какое оказываютъ этому движенію обѣ газовыя массы. Въ обоихъ случаяхъ мы имѣемъ зародышъ первой планеты.

Всѣ процессы, которые мы до сихъ поръ прослѣдили, не имѣютъ опредѣленныхъ ограниченій. Громадныя области пространства, занятыя напр., туманностью Оріона съ окружающими ее спиралями, могутъ также быть охвачены этимъ процессомъ развитія, какъ и малыя области, или отдѣльно разбросанныя въ пространствѣ, или принадлежащія большому туманному образованію, и составляющія его особые узлы, т. е. мѣста, обла-



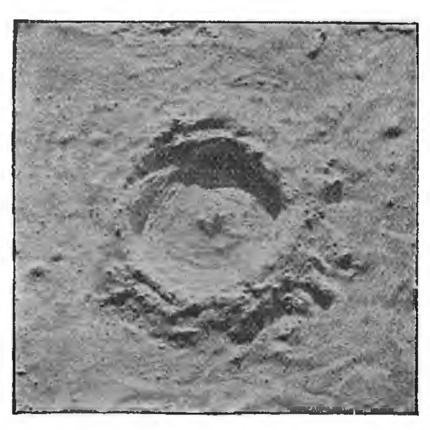
Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНІЕ НА ЛУНѢ.

Идеальный ландшафтъ, выполненный В. Кранцомъ.

дающія съ самаго начала наибольшимъ сгущеніемъ. Въ послѣднемъ случаѣ малое тѣло развивается параллельно съ большимъ, часть котораго оно составляетъ; на него до извѣстной степени можно смотрѣть, какъ на молекулу послѣдняго. Этимъ объясняются различныя явленія: во-первыхъ, то что встрѣчаются планетарныя, эллиптическія, спиральныя и кольцевыя туманности, которыя при болѣе точномъ изслѣдованіи распадаются на отдѣльныя звѣзды, во-вторыхъ то, что внутри громадныхъ спиральныхъ или кольцевыхъ туманностей, образующихъ систему нашего Млечнаго Пути, возникаютъ солнечныя системы на подобіе нашей, и наконецъ, напр., такой фактъ, что и въ этой послѣдней системѣ существуетъ вторичное тѣло — Сатурнъ, имѣющій кольцо, въ которомъ маленькія тѣла обращаются согласно закону Ньютона, такъ же, какъ атомы въ первоначальной туманности.

Не трудно представить, какъ изъ такихъ колецъ въ концѣ концевъ можетъ образоваться отдѣльное тѣло. Движущіяся тѣла, тяготѣя другъ къ другу, должны производить взаимно возмущающее дѣйствіе. Если здѣсь нѣтъ полнаго равенства величины и средняго разстоянія свѣтилъ, то среди нихъ будетъ совершаться какъ бы отборъ. Тѣла, проходящія слишкомъ близко другъ къ другу, будутъ все болѣе и болѣе сближаться, пока, наконецъ, не сойдутся совсѣмъ. Но это должно происходить безъ сильнаго толчка, такъ какъ скорость и направленіе движенія обоихъ тѣлъ почти одинаковы. При этомъ они, конечно, потеряютъ мало энергіи, и далѣе, уже въ формѣ большого тѣла, они станутъ обращаться вмѣстѣ вокругъ центра большой массы, къ которой они принадлежатъ. Большія тѣла этого кольца сначала очень сильно притягиваютъ малыя и соединяются съ ними. Отборъ продолжается такимъ образомъ съ образованіемъ все большихъ тѣлъ, пока, наконецъ, самое большое изъ нихъ не вберетъ въ себя всѣ остальныя. Тогда оно обращается вокругъ центра своей системы уже въ видѣ планетнаго тѣла.



Искусственный лунный кратеръ, по Эберту.

Смотря по величинѣ первоначальнаго кольца, это можетъ произойти тогда, когда процессъ сгущенія обѣихъ отдѣльныхъ массъ еще не достаточно подвинулся впередъ и онѣ не вышли изъ состоянія газовыхъ туманностей; тогда мы имѣемъ передъ собой двойную туманность, какія въ большомъ количествѣ наблюдаются на небѣ. Можетъ случиться, что сгущеніе обѣихъ массъ и колебательное движеніе молекулъ, зависящее отъ неполной ихъ свободы, уже настолько подвинется впередъ, что онѣ начнутъ свѣтиться интенсивнѣе, т. е. обратятся въ солнца. Какимъ образомъ затѣмъ при дальнѣйшемъ сгущеніи и при дальнѣйшей потерѣ свободы молекулъ наступаетъ сначала раскаленно-жидкое состояніе матеріи и, наконецъ, твердое — объ этомъ говоритъ физика.

Соединеніе другъ съ другомъ послѣднихъ громадныхъ массъ такого планетообразующаго кольца можетъ произойти, конечно, и тогда, когда эти тѣла находятся уже въ раскаленно-жидкомъ состояніи или снабжены твердой корой. Въ первомъ случаѣ не останется никакого слѣда отъ этого процесса, въ послѣднемъ — на поверхности большого тѣла отъ удара малыхъ шаровъ должны появиться образованія, подобныя циркамъ, кольцевымъ горамъ или, наконецъ, небольшимъ углубленіямъ въ видѣ кратеровъ, какія мы видимъ на лунѣ; они изображены на нашей прилагаемой

цвѣтной таблицѣ, которая даетъ картину полнаго солнечнаго затменія на лунѣ. При описаніи лунной поверхности мы уже упоминали, что происхожденіе большихъ цирковъ не можетъ быть приписано внутреннимъ силамъ, дѣйствующимъ изнутри, подобно вулканическимъ процессамъ на нашей землѣ. Противъ этого говорятъ особенно громадные размѣры цирковъ и тотъ фактъ, что дно кратера всегда лежитъ глубже по сравненію съ окрестностями. Были сдѣланы очень интересные опыты съ цѣлью искусственно получить образованія, подобныя луннымъ кратерамъ. Особенно удачны опыты физика Эберта, которые на первый взглядъ, дѣйствительно, какъ будто говорятъ за вулканическую природу лунныхъ кратеровъ. Эбертъ заставлялъ толчками вытекать изъ отверстій очень жидкій металлическій сплавъ и при этомъ охлаждалъ его; тогда, дѣйствительно, образуются кольцевые валы вокругъ глубокой впадины, какъ это мы видимъ на рисункѣ на стр. 657. Совершенно подобныя же явленія обнаруживаютъ и у насъ на землѣ грязевые вулканы, напр., въ Іеллостоунскомъ паркѣ, и не можетъ быть никакого спора въ томъ, что множество подобнаго рода образованій на лунной поверхности, какихъ насчитываются сотни тысячъ, произошли такимъ же точно путемъ. Но образованія, имѣющія размѣры морскихъ равнинъ, какъ, напр., Mare Crisium или циркъ Платона, не могутъ быть объяснены подобнымъ образомъ. Здѣсь нигдѣ не видно слѣдовъ центральнаго конуса, который долженъ былъ бы имѣть необычайно большіе размѣры, чтобы могли образоваться кольцеобразные валы, растянувшіеся на протяженіе цѣлыхъ миль. Въ пользу паденія шарообразныхъ массъ на поверхность луны и въ пользу образованія кратеровъ подобнымъ, именно, путемъ свидѣтельствуютъ также и системы свѣтлыхъ полосъ, которыя исключительно исходятъ изъ кратеровъ и по своему виду вполнѣ напоминаютъ трещины, образующіяся, напр., на оконныхъ стеклахъ отъ удара камнемъ. Трещины эти заполнялись вытекавшей сейчасъ же изнутри магмой, застывшая поверхность которой является болѣе гладкой и блестящей, чѣмъ остальная неровная поверхность луны. Наконецъ, часто встрѣчающіяся на лунѣ совершенно прямолинейныя, поперечныя долины, которыя не стоятъ ни въ какой тектонической связи съ горнымъ характеромъ окрестностей (характернымъ примѣромъ ихъ служитъ поперечная долина въ Альпахъ, см. стр. 108), также объясняются дѣйствіемъ подобныхъ тѣлъ, которыя пролетали мимо и задѣвали лунную поверхность.

Въ настоящее время процессъ освобожденія лунной орбиты отъ нѣкогда распредѣленной здѣсь матеріи, повидимому, почти закончился, по крайней мѣрѣ на соотвѣтственномъ разстояніи отъ центра земли нѣтъ другого тѣла замѣтныхъ для насъ размѣровъ, которое лунѣ предстояло бы еще притянуть къ себѣ. Малыя тѣла, величиною въ метеориты, массы которыхъ въ началѣ образовательнаго процесса принадлежали также этому кольцу, можетъ быть, еще и теперь носятся тамъ и иногда служатъ причиной образованія новаго кратера. Но кольцо, изъ котораго образовалась земля, еще не достигло такого развитія: луна представляетъ какъ бы второй по величинѣ узелъ, образовавшійся изъ массы этого же первоначальнаго кольца. Земля уже давно приковала къ себѣ луну, но мы уже видѣли, что луна описываетъ вокругъ солнца только слегка волнистую планетную орбиту, почти самостоятельную относительно солнца. Земля съ теченіемъ времени все болѣе будетъ притягивать къ себѣ свой спутникъ. Правда, наблюденное вѣковое ускореніе луннаго движенія, о которомъ мы говорили на стр. 544, пока не можетъ быть съ увѣренностью приписано сопротивленію среды (въ сущности, это сопротивленіе тоже самое, что и тормозящіе толчки, изъ которыхъ, какъ мы видѣли, слагается весь міровой порядокъ); однако, не можетъ быть никакого сомнѣнія, что движеніе луны совершается въ томъ именно міровомъ пространствѣ, какимъ мы его

знаемъ. Уже давно земля овладѣла луною и ея движеніемъ. Еще когда поверхность луны была раскаленно жидкой, то при каждомъ оборотѣ послѣдней около оси по ея поверхности пробѣгала огромная волна прилива, вызываемая земнымъ притяженіемъ. Она застыла съ теченіемъ времени вмѣстѣ съ остальной поверхностью, и въ силу нѣкоторыхъ обстоятельствъ застывшій выступъ имѣетъ бо̀льшую величину по направленію къ землѣ, чѣмъ выступъ, поднявшійся по другую сторону луны. Луна въ самомъ дѣлѣ вытянута въ направленіи къ землѣ на подобіе груши или яйца. Это удлиненіе продолжаетъ колебаться относительно нѣкотораго средняго положенія, отъ этого происходитъ такъ называемая либрація луны, благодаря которой мы видимъ больше половины, приблизительно четыре седьмыхъ части лунной поверхности.

Съ другой стороны приливная волна, которую луна вызываетъ на землѣ, должна во время своего движенія по земной поверхности вызывать тренія, слѣдствіемъ которыхъ является постепенное замедленіе вращенія земли, т. е. удлиненіе дня. Примѣняя только одинъ законъ Ньютона, мы найдемъ, какъ показалъ Г. Дарвинъ, что взаимное дѣйствіе силъ притяженія между землею и луной въ концѣ концевъ должно дать слѣдующій результатъ. Луна настолько приблизится къ землѣ, что, согласно третьему кеплерову закону, время ея обращенія будетъ равно длинѣ земного дня, въ то же время послѣдній увеличится. Только когда оба тѣла станутъ двигаться, такъ что при общемъ ихъ вращеніи будутъ обращены другъ къ другу одной и той же стороной, какъ бы скрѣпленныя невидимыми связями, тогда установится состояніе полнаго равновѣсія. При этомъ выводѣ еще не были приняты во вниманіе дѣйствія среды и не вводилось необходимыхъ поправокъ въ ньютоновъ законъ. Но эти обѣ причины дѣйствуютъ въ такомъ смыслѣ, что могутъ только вести къ окончательному сближенію обоихъ тѣлъ. Для луны также, какъ и для нашего прекраснаго земного міра это сближеніе равносильно гибели; столкновеніе должно сопровождаться выдѣленіемъ громаднаго количества теплоты, которая сплавитъ оба тѣла въ одно. О дальнѣйшихъ фазахъ этого развитія, ожидающаго насъ въ будущемъ, мы будемъ говорить далѣе болѣе подробно.

Согласно нашему взгляду на образованіе міра, въ свое время вблизи земной орбиты должны были обращаться другія массы довольно большихъ размѣровъ, которыя также можно, пожалуй, считать спутниками земли. Подобно тому, какъ такія массы падали на луну и образовали на ней цирки, онѣ должны были также сталкиваться и съ землею. Если же на землѣ нѣтъ образованій, подобныхъ луннымъ кратерамъ, то это потому, что земля, какъ болѣе значительное свѣтило, охлаждалась медленнѣе луны; въ то время, какъ на поверхности луны могли уже оставаться замѣтные слѣды отъ ударовъ, на землѣ еще не было твердой коры. Малыя тѣла, какъ и нынѣшніе метеориты, встрѣчали сопротивленіе со стороны земной атмосферы, и сила ихъ удара должна была сказаться здѣсь гораздо слабѣе, чѣмъ на лунѣ, которая, вѣроятно, и въ прежнія времена имѣла атмосферу меньшей плотности. Если допустить, что когда-то существовалъ второй спутникъ земли, который упалъ на землю въ не очень отдаленное прошлое нашей планеты и перемѣстилъ положеніе земной оси, то этимъ допущеніемъ можно было бы разрѣшить неразрѣшимую иначе задачу измѣненія климатовъ въ геологическія эпохи, особенно существованіе пальмъ въ такихъ областяхъ, гдѣ теперь цѣлые мѣсяцы царитъ полярная ночь. Наблюдаемыя въ настоящее время колебанія полюсовъ (см. стр. 485 и сл.) представляли бы тогда послѣдніе слѣды, оставшіеся отъ этого удара въ формѣ постепенно замедляющихся движеній земной оси по поверхности конуса. Если принять изложенный выше взглядъ на образованіе міра, то

существованіе второго и даже многихъ спутниковъ земли явится логической необходимостью, но только нельзя отвѣтить на вопросъ, когда предпослѣдній спутникъ упалъ на землю. Быть можетъ, когда нибудь геологическія изысканія приведутъ въ этомъ отношеніи къ результатамъ болѣе опредѣленнымъ, чѣмъ даютъ астрономическія *).

Отъ малыхъ частицъ матеріи земная орбита несвободна еще и теперь. Какъ мы знаемъ, поясъ зодіакальнаго свѣта можно объяснить, согласно новѣйшимъ взглядамъ, не иначе, какъ существованіемъ милліардовъ мелкихъ тѣлъ, которыя образуютъ вдоль земной орбиты кольца вокругъ солнца, подобныя кольцу Сатурна, съ тою разницей, что въ послѣднемъ матерія распредѣлена гораздо плотнѣе. Земля безпрерывно увлекаетъ съ собою эти частицы. Дождь падающихъ звѣздъ, изливающійся постоянно на земную поверхность изъ всѣхъ частей неба, ясно свидѣтельствуетъ объ этой непрерывной объединяющей работѣ земли, благодаря которой масса земли постоянно возрастаетъ. Несоотвѣтствіе массы малыхъ планетъ, вычисляемой по возмущеніямъ въ движеніи Марса, съ числомъ дѣйствительно извѣстныхъ свѣтилъ этого класса (см. стр. 609) указываетъ на то, что въ этихъ областяхъ еще не закончилось сгущеніе первоначальнаго кольца.

Какъ мы уже видѣли раньше, скорость отдѣльныхъ частей эллиптической или чечевицеобразной туманности должна уменьшаться снаружи внутрь, пока не совершится значительное стяженіе массы. Но когда изъ разсѣяннаго кольца образуется планета вслѣдствіе стягиванія отдѣльныхъ частей, то частицы, обращающіяся на бо́льшемъ разстояніи отъ центра, должны съ бо́льшею силой падать на образующееся свѣтило, чѣмъ частицы, принадлежащія къ внутреннимъ областямъ кольца, такъ какъ онѣ обладаютъ бо́льшей скоростью. Вслѣдствіе этого перевѣса возникаетъ вращеніе образующейся планеты въ томъ направленіи, въ какомъ планеты дѣйствительно обращаются вокругъ собственныхъ осей. Во всѣхъ планетахъ то полушаріе, которое въ данный моментъ обращено въ сторону, противоположную солнцу, движется вокругъ оси въ томъ самомъ направленіи, въ какомъ совершается движеніе самой планеты по ея орбитѣ. Такимъ образомъ планета какъ бы катится по линіи своей орбиты. Ось вращенія должна вначалѣ стоять перпендикулярно къ плоскости орбиты, и наклоненіе эклиптики должно для всѣхъ планетъ первоначально равняться нулю. Еще и по настоящее время величина эта у всѣхъ планетъ, за исключеніемъ Урана, невелика. Какимъ образомъ могло возникнуть уклоненіе, наблюдаемое нынѣ, было указано ранѣе. О скоростяхъ вращенія Нептуна и Урана намъ извѣстно немногое. Нѣкоторые признаки на Уранѣ, повидимому, показываютъ, что онъ имѣетъ столь же короткое время вращенія, какъ это найдено для Сатурна и Юпитера (Лео Бреннеръ). Поясъ малыхъ планетъ образуетъ такимъ образомъ рѣзкую границу между большими планетами съ быстрымъ вращеніемъ и малыми внутренними планетами съ медленнымъ вращеніемъ. Для Меркурія извѣстно навѣрное, а для Венеры весьма вѣроятно, что время вращенія равно періоду ихъ обращенія вокругъ солнца. Это уменьшеніе скорости вращенія въ планетной системѣ отъ внѣшнихъ предѣловъ къ внутреннимъ объясняется при развиваемомъ нами взглядѣ весьма просто. Разница въ скоростяхъ наружной и внутренней частей планетообразующаго кольца должна была становиться все меньше, чѣмъ болѣе масса всего образованія стягивалась къ центру,

*) Едва-ли можно согласиться съ оригинальною гипотезою о паденіи на землю ея спутниковъ. Спутники вѣчно движутся вокругъ своихъ планетъ и не падаютъ на нихъ; подобнаго паденія безъ особаго увличенія массы не допускаетъ законъ всемірнаго тяготѣнія. На землю можетъ упасть только свѣтило, движущееся по эксцентричной орбитѣ, пересѣкающей орбиту земли, какъ, напримѣръ, комета или падающая звѣзда.

С. Глазенапъ.

или чѣмъ меньше становились кольцевыя тѣла. Наоборотъ, при томъ распредѣленіи матеріи, какое мы встрѣчаемъ теперь, скорость, какъ извѣстно, возрастаетъ съ уменьшеніемъ радіуса. Если бы, напр., въ настоящее время изъ колецъ Сатурна образовались спутники (что является только вопросомъ времени), то они стали бы вращаться вокругъ оси въ направленіи, обратномъ тому, въ какомъ вращаются планеты: ибо скорость отдѣльныхъ частей кольца, согласно третьему закону Кеплера, возростаетъ къ центру (особенно это подтверждается спектроскопическими изслѣдованіями Килера). Вѣроятно, и кольца, изъ которыхъ возникли Меркурій и Венера, подобно кольцамъ Сатурна, окружали солнце среди пространства, уже въ достаточной степени свободнаго отъ матеріи. Незначительная скорость вращенія этихъ близкихъ къ солнцу планетъ, которая въ началѣ, быть можетъ, и существовала, скоро совершенно должна была исчезнуть вслѣдствіе тренія отъ громадной приливной волны, вызываемой на ихъ поверхности солнцемъ. Вѣроятно (взглядъ Скіапарелли), эти планеты обращены къ солнцу постоянно одною и тою же стороною, какъ луна къ землѣ. Можно полагать, что и всѣ остальные планетные спутники обнаруживаютъ то же свойство.

Итакъ, мы видѣли, какъ можно объяснить развитіе кольца, образующаго планету, если допустить неравномѣрное распредѣленіе вещества въ первоначальномъ чечевицеобразномъ тѣлѣ, или если допустить столкновеніе его съ другимъ тѣломъ. Какъ одно, также точно могли образоваться и другія, слѣдующія кольца. Но въ такомъ случаѣ надо было бы допустить столько же независимыхъ другъ отъ друга условій, или внѣшнихъ воздѣйствій, сколько существуетъ планетъ. На самомъ дѣлѣ оказывается, что можно допустить только одно единственное воздѣйствіе подобнаго рода, чтобы объяснить образованіе всѣхъ остальныхъ планетъ. Какъ мы въ свое время указали, линіи раздѣленія въ кольцахъ Сатурна появляются въ опредѣленныхъ мѣстахъ, для которыхъ времена обращенія находящихся тамъ тѣлъ соизмѣримы съ временемъ обращенія одного изъ большихъ или наиболѣе близкихъ спутниковъ (см. стр. 601). Мы видѣли, что это есть необходимое слѣдствіе суммированія въ данномъ мѣстѣ возмущающихъ дѣйствій. Первая, самая крайняя, возникшая планета должна была необходимо вызвать образованіе подобныхъ линій раздѣленія въ газовомъ шарѣ, отъ котораго она отдѣлилась. Первая, наиболѣе рѣзкая линія раздѣла должна была образоваться тамъ, гдѣ время обращенія отдѣльныхъ частей первоначальнаго тѣла было равно половинѣ времени обращенія первой планеты. Время обращенія Нептуна нѣсколько менѣе 165 лѣтъ; половина этого числа равна 82 годамъ. Слѣдовательно, здѣсь можно искать внутреннюю границу того кольца, изъ котораго должна была образоваться вторая планета. Внѣшнюю границу кольца нельзя указать, такъ какъ у насъ нѣтъ мѣры для опредѣленія періода постепеннаго сгущенія первоначальной туманности. Во всякомъ случаѣ между образованіемъ перваго и второго кольца должно было пройти достаточно времени, и сгущеніе еще неособенно плотной туманности должно было уже значительно двинуться впередъ, такъ какъ образованіе линіи раздѣленія могло произойти только тогда, когда масса первой планеты уже образовала одно цѣлое. Масса, равномѣрно распредѣленная вдоль кольца, не можетъ вызвать подобнаго нарушенія. Итакъ, оказывается, что вторая планета должна была образоваться не далеко отъ внутренней границы второго кольца. Это въ точности и подтверждается Ураномъ, время обращенія котораго равно 84 годамъ, т. е. всего на два года больше времени обращенія внутренняго края гипотетическаго кольца. Для слѣдующихъ планетъ отношенія становятся уже все сложнѣе и сложнѣе, по мѣрѣ того, какъ накопляется все больше нарушающихъ вліяній со стороны внѣшнихъ планетъ. Эти вліянія и ведутъ къ образованію дальнѣйшихъ раздѣлительныхъ линій. Но изъ приблизительной правильности.

которая обнаруживается въ разстояніяхъ планетъ отъ солнца (правило Боде-Тиціуса, стр. 159), можно судить, что подобное же дѣйствіе непрерывно продолжается и дальше.

Мы видѣли, какимъ образомъ, благодаря простому подбору изъ массы движущихся, неравномѣрно распредѣленныхъ въ пространсвтѣ элементовъ матеріи можетъ развиться стройная система міровыхъ тѣлъ, представляющая всѣ подробности, какія мы наблюдаемъ въ нашей планетной системѣ. Напоминаемъ еще разъ, что въ нашихъ разсужденіяхъ мы не прибѣгали ни къ какимъ предположеніямъ относительно аггрегатнаго состоянія и величины матеріальныхъ элементовъ, среди которыхъ мы разсматриваемъ этотъ подборъ. Все равно, имѣемъ ли мы въ данномъ случаѣ дѣло съ молекулами небольшого газового скопленія, или съ кучами солнцъ громадной системы Млечнаго Пути. Мы не сомнѣваемся, что мы могли бы въ нашихъ лабораторіяхъ наблюдать образованіе міровыхъ системъ такого же рода, какъ мы видимъ на небѣ, если бы мы могли нѣкоторое количество матеріи изъять отъ дѣйствія силы тяжести и предоставить самой себѣ. Весьма вѣроятно, что между мельчайшими скопленіями матеріи, которыя мы называемъ молекулами и которыя, къ сожалѣнію, мы пока представляемъ себѣ только теоретически, совершаются, даже въ присутствіи силы тяжести, движенія, въ существѣ подобныя движеніямъ небесныхъ свѣтилъ, хотя для насъ они и являются въ видѣ тепла, свѣта и т. п. При весьма малыхъ разстояніяхъ между молекулами молекулярное притяженіе, возрастающее обратно пропорціонально квадрату разстоянія, несомнѣнно, гораздо больше силы тяжести. Доказательствомъ этому можетъ служить взаимная связь отдѣльныхъ частей твердаго тѣла. Дѣйствіе тяжести на такое тѣло можно сравнить съ дѣйствіемъ той силы, исходящей изъ какого-то общаго, неизвѣстнаго намъ источника, которая направляетъ движеніе солнечной системы и всѣхъ остальныхъ звѣздъ во вселенной.

Мы воспользовались здѣсь параллелью, взятою изъ міра низшаго, такъ сказать, порядка. Мы допустили, что въ головкѣ булавки, которую мы держимъ въ рукѣ, заключаются безчисленныя міровыя системы малаго порядка. Ничто не мѣшаетъ намъ перенести эту же параллель въ міръ еще болѣе высшаго порядка. Вполнѣ возможно, что сонмы солнцъ, наполняющіе, какъ мы видимъ, небо до его послѣднихъ предѣловъ, суть только атомы, группирующіеся въ молекулы (солнечныя системы) и составляющіе части сравнительно небольшого образованія, которое со своей стороны входитъ въ составъ міра громадныхъ размѣровъ. Хотя передъ этимъ величіемъ мірозданія, открывающимся нашимъ взорамъ, цѣпенѣетъ наша мысль, однако, мы должны сдержать свое изумленіе. Не громадность предмета поражаетъ здѣсь насъ, не величина его сама по себѣ ставитъ предѣлы нашему воображенію (если только мы не распространимъ ее до абсолютной безконечности), нѣтъ,— мы изумляемся тому величественному державному порядку, охватывающему цѣлое, который открывается передъ нашимъ пытливымъ взоромъ до самыхъ послѣднихъ предѣловъ мірозданія и который ведетъ какъ цѣлое, такъ и каждую отдѣльную часть его къ высшему совершенству и единству. Еще когда мы только готовились углубиться въ чудеса небесныхъ міровъ, картина которыхъ теперь стоитъ передъ нами въ своихъ главныхъ чертахъ, мы уже указывали, что наша главная задача есть выясненіе мірового порядка. Но наши послѣднія разсужденія показали намъ, что этотъ порядокъ есть необходимое слѣдствіе весьма простыхъ законовъ, что матерія обладаетъ неудержимымъ стремленіемъ образовать міровыя системы, какъ только гдѣ нибудь въ пространствѣ вслѣдствіе неравномѣрнаго ея распредѣленія возникнетъ поводъ къ этому. Интересенъ тотъ фактъ, что какъ разъ хаотическое первоначальное состояніе

матеріи несетъ въ себѣ зародышъ, изъ котораго развивается совершеннѣйшій порядокъ, благодаря непрерывному подбору лучшихъ элементовъ и устраненію дурныхъ, вредныхъ. Въ матеріи, даже въ такой, которую мы называемъ мертвой, сохраняется вѣчное стремленіе къ совершенствованію, не останавливающееся, пока въ мірѣ существуетъ движущаяся матерія, неравномѣрно распредѣленная въ пространствѣ.

Но нигдѣ это совершенствованіе не идетъ непрерывно. Характеръ маятникообразнаго качанія между крайними предѣлами, при которомъ пути постепенно становятся вытянутыми, а затѣмъ все болѣе закругляются, при чемъ крайности сглаживаются, наблюдается во всѣхъ областяхъ явленій. У насъ на землѣ мы встрѣчаемъ подобныя колебанія между днемъ и ночью, между лѣтомъ и зимой, между ледниковыми эпохами и періодами роскошнаго развитія органической жизни. Точно также въ царствѣ міровыхъ системъ мы всюду найдемъ нисходящую линію рядомъ съ восходящей. Если на развитіе органической природы, вѣнцомъ которой являются разумныя существа, смотрѣть, какъ на высшую ступень мірового развитія, — какъ это мы склонны дѣлать, хотя, быть можетъ, и не вполнѣ правильно, — то мы найдемъ на небѣ свѣтило, уже пережившее эту высшую ступень, — если только оно вообще проходило черезъ нее. Мы говоримъ здѣсь о лунѣ, гдѣ въ настоящее время могутъ жить развѣ только живыя существа, низко организованныя и гдѣ конечно нѣтъ разумныхъ существъ. Несомнѣнно, возникновеніе органическихъ существъ и ихъ развитіе связано съ опредѣленными границами температуры, о какомъ бы мѣстѣ вселенной ни шла рѣчь. Нижняя граница температуры опредѣляется тѣмъ, что матерія теряетъ подвижность при достиженіи температуры абсолютнаго нуля (—273° Ц.). Но еще задолго до наступленія этого предѣла всякая подвижность вещества сильно уменьшается. Химическія реакціи, по современному атомистическому воззрѣнію, представляютъ не что иное, какъ проникновеніе разнородныхъ мельчайшихъ системъ (молекулъ) другъ въ друга и измѣненіе атомной группировки. Найдено, что при охлажденіи реакціи замедляются и въ концѣ концовъ совершенно прекращаются. Поэтому и живой обмѣнъ отдѣльныхъ частей организма, составляющій главный элементъ жизни, долженъ останавливаться по мѣрѣ того, какъ пути молекулъ и атомовъ все болѣе и болѣе уменьшаются.

Такъ объясняется съ атомической точки зрѣнія постепенное умираніе жизни съ пониженіемъ температуры. Чѣмъ ниже ступень развитія организма, тѣмъ слабѣе обмѣнъ между его отдѣльными частями. Вотъ почему низшіе организмы способны переносить болѣе сильный холодъ, чѣмъ высшіе. Особенно это подтверждено было изслѣдованіями Рауля Пикте, который подвергалъ цѣлый рядъ низшихъ организмовъ, иногда въ теченіе недѣли и болѣе, дѣйствію холода, доходившаго до —100 градусовъ. Онъ нашелъ, что эти организмы, смотря по характеру организаціи, или выживали безъ всякаго вреда, или же замирали, но затѣмъ вновь возвращались къ жизни при постепенномъ повышеніи температуры. Наибольшей способностью противостоять дѣйствію холода, какъ оказалось, отличаются самые низшіе организмы, бактеріи: повидимому, холодомъ ихъ нельзя разрушить. Впрочемъ, нѣкоторыхъ низкихъ температуръ и онѣ не выдерживаютъ. Зато зародыши, повидимому, не погибаютъ, какъ бы долго и какому бы сильному охлажденію мы ихъ ни подвергали, если только предварительно удалить содержащуюся иногда въ нихъ влагу; иначе отъ расширенія ея при замерзаніи стѣнки клѣточекъ разрушаются.

Та же самая причина опредѣляетъ и верхнюю границу температуры, при которой возможна жизнь: она наступаетъ, когда тепловыя колебанія молекулъ станутъ слишкомъ значительны и не въ состояніи уже совершаться внутри клѣтокъ, не разрушая ихъ. Для верхней границы пред-

ставляется болѣе широкій просторъ, что зависитъ съ одной стороны отъ вещества, изъ котораго состоятъ организмы, а съ другой стороны отъ величины ихъ клѣтокъ. Въ опредѣленномъ комплексѣ міровыхъ тѣлъ, какъ, напр., въ нашей солнечной системѣ, эта верхняя граница температуры, при которой возможна жизнь, мало колеблется, во-первыхъ вслѣдствіе однородности вещества, изъ котораго построены эти тѣла, во-вторыхъ вслѣдствіе того, что величинѣ живыхъ существъ, напр., на планетахъ, поставлены извѣстныя естественныя границы. Въ нашей солнечной системѣ всюду встрѣчается вода въ томъ или другомъ состояніи, и мы не можемъ представить развитіе органической жизни безъ участія воды. Поэтому самый верхній предѣлъ температуры, при которой возможна жизнь организмовъ, долженъ лежать повсюду при той температурѣ, при которой вода переходитъ въ паръ, ибо въ это мгновеніе молекулы съ непреодолимой силой отдѣляются другъ отъ друга и разрываютъ всю клѣточную ткань. При атмосферномъ давленіи на нашей землѣ это происходитъ всегда при 100° Ц., при другихъ давленіяхъ эта граница перемѣщается. Такъ, напр., на Марсѣ по всей вѣроятности вода кипитъ уже приблизительно при 50°. При громадномъ же давленіи, какое должна производить высокая атмосфера на Юпитерѣ, точка кипѣнія лежитъ при болѣе высокихъ температурахъ. Такъ какъ атмосферы небесныхъ свѣтилъ до извѣстной степени должны находиться въ связи съ величиною свѣтила, то отсюда слѣдуетъ, что на большихъ свѣтилахъ предѣлы для жизни шире, ея развитію предоставленъ большій просторъ, поэтому она должна представлять больше разнообразія *). Для величины небесныхъ свѣтилъ нѣтъ опредѣленныхъ границъ; намъ извѣстно, что существуютъ міры неизмѣримо больше того, на которомъ мы живемъ. Если принять въ разсчетъ этотъ фактъ, то — даже при томъ условіи, что жизнь всюду, какъ и у насъ, пріурочена къ соединеніямъ органогеновъ (водорода, кислорода, азота и углерода) — можно допустить, что развитіе органическаго міра въ другихъ областяхъ вселенной можетъ и должно быть неизмѣримо разнообразнѣе, совершеннѣе и прекраснѣе, чѣмъ то, что извѣстно намъ.

Говоря здѣсь о развитіи жизни, мы умышленно обходили вопросъ, какъ представить себѣ возникновеніе первой жизни на міровыхъ свѣтилахъ. Этотъ вопросъ заключаетъ въ себѣ, по нашему мнѣнію, опять нѣчто абсолютное, что всегда останется недоступно нашему уму. Очевидно, возможно только одно изъ двухъ: или жизнь есть ни что иное, какъ подчиненное опредѣленнымъ законамъ явленіе мертвой природы, процессъ кристаллизаціи, только болѣе сложнаго характера; тогда она должна возникать всюду, гдѣ существуютъ подходящія физическія условія, въ особенности необходимая температура, и вопросъ о возникновеніи ея не представляетъ принципіально никакой трудности; или жизнь есть нѣчто особенное, своеобразный родъ матеріи. Тогда въ наше представленіе надо ввести, кромѣ мертвыхъ, еще живые атомы; изъ мертвыхъ могутъ создаться только міровыя тѣла, происхожденіе которыхъ мы разсмотрѣли; изъ живыхъ атомовъ — организованныя существа, способныя чувствовать и мыслить. Въ такомъ случаѣ нѣтъ возникновенія жизни; жизнь вѣчно была и будетъ, пока есть матерія, которая не была создана и которая образуетъ все новые міры, благодаря постоянной перегруппировкѣ. Можно представить себѣ, что зародыши жизни, которые сами по себѣ не могутъ быть уничтожены ни холодомъ мірового пространства, ни временемъ, носятся во все-

*) Съ другой стороны, съ увеличеніемъ массы планеты, увеличивается температура атмосферы планеты, и по разсчетамъ, произведеннымъ Е. А. Роговскимъ (см. Изв. Русск. Астрономическаго Общества, вып. VII), температура воздуха Юпитера уже настолько высока, что органической жизни тамъ быть не можетъ. *С. Глазенапъ.*

ленной и попадаютъ въ атмосферу свѣтила, гдѣ существуютъ условія для поддержанія жизни. Затѣмъ, стòитъ только допустить ученіе Дарвина, и можно понять, что достаточно одного единственнаго зародыша самаго низшаго организма, чтобы постепенно могъ развиться цѣлый міръ жизни, по скольку данное небесное свѣтило способно къ этому. Въ обоихъ случаяхъ вопросъ о происхожденіи жизни на извѣстномъ свѣтилѣ не представляетъ принципіальныхъ трудностей.

На основаніи вышесказаннаго ясно, что жизнь можетъ возникать на каждомъ отдѣльномъ свѣтилѣ лишь временно, такъ какъ она связана съ молекулярными колебаніями опредѣленной величины, съ опредѣленными температурами, которыя въ исторіи развитія свѣтилъ существуютъ только въ теченіе извѣстнаго періода. Пока міровыя тѣла находятся въ газообразномъ или раскаленно жидкомъ состояніи, жизнь немыслима. Слѣдовательно, наше солнце и всѣ милліоны другихъ солнцъ, какими усѣяно небо, не могутъ пока служить почвой для жизни и даже въ нашей солнечной системѣ существуютъ планеты, каковы Юпитеръ и Сатурнъ, на которыхъ, по всей вѣроятности, процессъ сгущенія не настолько еще подвинулся впередъ, чтобы они могли служить этой высокой цѣли. На большихъ свѣтилахъ большее количество молекулъ должно стать въ опредѣленныя узкія рамки колебаній; поэтому большія свѣтила должны пройти болѣе долгій подготовительный періодъ. Весь ходъ ихъ развитія продолжительнѣе, они—долговѣчнѣе. Юпитеръ по всѣмъ признакамъ еще и нынѣ находится въ той стадіи, которая для земли закончилась уже милліоны лѣтъ тому назадъ, когда неслоистыя первозданныя горныя породы образовали вокругъ нея первый панцырь. Для своихъ спутниковъ Юпитеръ представляетъ второе близкое солнце громадныхъ размѣровъ, дающее имъ мало свѣта, но весьма большое количество тепла. Благодаря этому жизнь, которая иначе давно бы погасла на нихъ, какъ и на нашемъ спутникѣ, можетъ вполнѣ развиться на той ихъ половинѣ, которая всегда обращена къ планетѣ. Это и представлено на нашемъ идеальномъ ландшафтѣ, приложенномъ къ стр. 547. Рисунокъ помогаетъ намъ мысленно перенестись въ этотъ міръ, напоминающій нашъ: только небо тамъ украшено шаромъ планеты, видимый дискъ котораго въ 40 разъ больше видимаго нами диска солнца. Дискъ же солнца кажется тамъ въ пять разъ меньше, чѣмъ у насъ. Юпитеръ на каждомъ изъ его спутниковъ долженъ казаться главнымъ свѣтиломъ неба. Какъ земля для луны, и Юпитеръ, при наблюденіи съ опредѣленной точки поверхности каждаго спутника, или вовсе не измѣняетъ, или же измѣняетъ весьма мало свое положеніе относительно горизонта, если только, конечно, вѣрно наше предположеніе, что спутники Юпитера постоянно обращены къ нему одной и той же стороной. Громадная планета періодически измѣняетъ свои фазы въ теченіе времени обращенія извѣстнаго спутника, а такъ какъ всѣ спутники Юпитера имѣютъ короткое время обращенія, то Юпитеръ служитъ для нихъ громаднѣйшими часами, по которымъ точнѣйшимъ образомъ можно отсчитывать время дня. Почти ежедневно солнце исчезаетъ за гигантскимъ дискомъ планеты, давая такимъ образомъ картину солнечнаго затмепія. Часто также одинъ изъ остальныхъ четырехъ спутниковъ, движущихся по небу и представляющихъ одновременно различныя фазы, попадаетъ въ длинный конусъ тѣни планеты. Конечно, видъ неба далъ бы намъ болѣе разнообразныя и привлекательныя картины, если бы намъ дѣйствительно удалось перенестись на одинъ изъ этихъ спутниковъ. Но астрономическія данныя, касающіяся положенія и движенія всѣхъ извѣстныхъ намъ свѣтилъ относительно опредѣленной точки, взятой на любой планетѣ нашей системы, мы можемъ найти для любого момента почти съ такой же точностью, какъ и для горизонта любого мѣста на земной поверхности.

Юпитеръ можно назвать старѣющимся солнцемъ. Онъ излучаетъ еще и теперь небольшое количество собственнаго свѣта, а окрестнымъ областямъ онъ даетъ также значительное количество тепла. Если измѣрять время мѣрой, какая примѣняется для исторіи развитія свѣтилъ, то можно сказать, что протекло немного времени съ тѣхъ поръ, какъ Юпитеръ составлялъ съ солнцемъ настоящую двойную звѣзду, и для наблюдателя съ какой-нибудь планеты сосѣдней системы, онъ представлялся такой же звѣздой съ малымъ временемъ обращенія и съ составляющими различной величины, какія встрѣчаются въ небесномъ пространствѣ. Можетъ быть, планета и въ настоящее время имѣетъ только тонкую кору поверхъ раскаленно-жидкой внутренней массы. Послѣдняя отъ удара малыхъ тѣлъ или отъ внутреннихъ возмущеній иногда можетъ извергаться на большихъ пространствахъ и производить явленія въ родѣ краснаго пятна, описаннаго подробно на стр. 172 и сл. Если когда нибудь ближайшій къ Юпитеру, такъ называемый пятый спутникъ его, уже значительно приблизившійся къ планетѣ, упадетъ на нее, тогда Юпитеръ на короткое время вновь станетъ вторымъ солнцемъ нашей системы. Отдаленнымъ наблюдателямъ, которые за большимъ разстояніемъ не въ состояніи будутъ различить въ отдѣльности солнце и Юпитеръ, будетъ казаться, что солнце внезапно вспыхнуло, какъ непе077іодическая перемѣнная звѣзда. Но охлажденіе, являющееся благодѣтельнымъ въ этой стадіи, скоро вновь успокоитъ молекулы, пришедшія въ возбужденіе, и настолько скуетъ ихъ движеніе, что кора надолго отвердѣетъ. Непрозрачная нынѣ атмосфера Юпитера прояснится, и солнечный свѣтъ пробудитъ тамъ зародыши жизни и вызоветъ ихъ развитіе. Юпитеръ станетъ тогда другимъ міромъ, подобнымъ нашему, но больше, и потому разнобразнѣе и прекраснѣе.

Однако, процессъ охлажденія, т. е. ограниченія атомнаго движенія будетъ идти безостановочно своимъ путемъ. Къ этому процессу относятся и всѣ тѣ химическіе процессы, при которыхъ жидкости вступаютъ въ составъ твердыхъ соединеній, а газы въ составъ жидкихъ. Воздушная и водная оболочка планетъ должны постоянно уменьшаться. По всему, что въ этомъ отношеніи даетъ намъ новѣйшее изслѣдованіе, Марсъ, можно думать, является міромъ, гдѣ этотъ процессъ уже значительно подвинулся впередъ. Атмосфера тамъ низкая и разрѣженная, она содержитъ мало водяныхъ паровъ, мало облаковъ. То, что прежде считали морями Марса, по всей вѣроятности, суть низменности, которыя затопляются во время таянія снѣга и только такимъ образомъ становятся мѣстомъ, удобнымъ для развитія жизни, тогда какъ большія массы суши являются вѣчно неизмѣнными, безплодными пустынями, которыя пересѣкаются только удивительной системой каналовъ. Возможно, что эти каналы суть широкія дороги, проложенныя въ этихъ пустыняхъ искусствомъ разумныхъ существъ и служащія способомъ сообщенія между населенными низменностями.

Если поглощеніе воздуха и воды идетъ впередъ и на нашей землѣ, а иначе не можетъ и быть, то наша планета когда нибудь должна будетъ принять совершенно такой же видъ, какой имѣетъ нынѣ Марсъ, поскольку намъ извѣстны условія, господствующія на немъ (стр. 133). Внутренняя часть всѣхъ большихъ материковъ на землѣ въ настоящее время обнаруживаетъ уже характеръ, близкій къ желтымъ поверхностямъ суши на Марсѣ. Внутренняя Африка по большей части представляетъ безплодную желтую песчаную пустыню, которая издали должна вполнѣ походить на материки на Марсѣ. Высокое плоскогоріе сѣверо-американскаго материка, а также внутреннія области Азіи и Австраліи покрыты обширными преріями, которыя совершенно высыхаютъ въ лѣтніе жары. Въ Америкѣ полоса этихъ прерій по обѣ стороны отъ полотна тихоокеанской желѣзной дороги, пересѣкающей страну отъ моря до моря почти по прямой линіи, становится

плодородной, благодаря желѣзной энергіи человѣка. Если эта культурная дѣятельность будетъ продолжаться въ томъ же направленіи, то вдоль большихъ путей сообщенія образуются полосы, орошенныя и покрытыя обработанными полями и лѣсными насажденіями, которыя при наблюденіи съ другихъ планетъ будутъ также выдѣляться на голыхъ пространствахъ прерій, какъ „каналы“ Марса выдѣляются среди окрестныхъ областей. Постепенное высыханіе материковъ будетъ идти безостановочно, но зато будутъ отступать берега морей, предоставляя въ распоряженіе жизни новыя области суши, прекрасно удобренныя плодороднымъ морскимъ иломъ. Процессы размыванія будутъ все болѣе сглаживать горы и переносить ихъ матеріалъ на дно морей. Если только какія либо геологическія вліянія не смѣстятъ береговой линіи, то моря будутъ становиться все мельче и мельче, и обширныя морскія области, какъ, напр., Балтійское и Средиземное моря, которыя не глубоки и въ настоящее время, обратятся въ низменности, затопляемыя мѣстами весеннимъ разливомъ рѣкъ. Повидимому, это происходитъ въ подобныхъ областяхъ на Марсѣ. Такія мѣста будутъ наиболѣе плодородными, и потому сюда перемѣстится жизнь съ материковъ, природа которыхъ будетъ становиться все бѣднѣе. Для того, чтобы не имѣть недостатка въ водѣ — веществѣ, необходимомъ для жизни, запасъ которой будетъ оскудѣвать, — урегулируютъ рѣки, прорѣзывая водораздѣлы, образовавшіеся при обмелѣніи между различными водными областями, напр., чтобы сохранить постоянное сообщеніе между прежними бассейнами Балтійскаго и Средиземнаго морей. Прежнія русла рѣкъ будутъ принимать все болѣе прямолинейное направленіе и обратятся въ каналы, подобные каналамъ Марса, а по берегамъ ихъ устроятся жилыя поселенія. Такимъ образомъ въ концѣ концовъ земля станетъ похожа на Марсъ, который, какъ меньшее свѣтило, долженъ былъ скорѣе пройти эти фазы развитія.

Если это дѣйствительно такъ, какъ мы здѣсь представили гипотетически, и если жизнь на Марсѣ поставлена теперь дѣйствительно въ подобныя узкія границы, то можно думать, что тамъ вновь наступитъ возрожденіе жизни послѣ ужасной катастрофы, какую должно вызвать когда нибудь паденіе на Марсъ его спутника, удаленнаго отъ поверхности планеты на разстояніе Берлина отъ Нью-Іорка. Это повлечетъ за собой выдѣленіе громаднаго количества тепла. Большая часть поверхности, можетъ быть, обратится въ раскаленно-жидкое состояніе. Химическія соединенія, удерживавшія воду и газы воздуха въ твердой корѣ, вновь разложатся, образуется огромная атмосфера, громадныя моря. Жизнь сызнова начнетъ свой круговоротъ. Она можетъ умереть еще разъ и еще разъ воскреснуть, когда второй, послѣдній спутникъ упадетъ на планету. Но уже вслѣдъ за этимъ Марсъ, вѣроятно, неуклонно пойдетъ къ своей послѣдней цѣли.

Нельзя не обратить здѣсь вниманіе на тотъ фактъ, что незначительное разстояніе двухъ спутниковъ Марса отъ ихъ общаго центра движенія влечетъ за собой цѣлый рядъ удивительныхъ явленій, разсмотрѣніе которыхъ не лишено интереса. Внутренній спутникъ, Страхъ, совершаетъ, какъ мы уже знаемъ, полный оборотъ вокругъ планеты въ весьма короткое время,—въ 7 часовъ 40 минутъ, и притомъ въ томъ же самомъ направленіи, въ какомъ планета обращается вокругъ своей оси въ продолженіе 24,6 часа. Слѣдовательно, спутникъ опережаетъ вращеніе планеты и потому не только участвуетъ въ видимомъ обращеніи небеснаго свода, связанномъ съ вращеніемъ планеты вокругъ оси, но въ теченіе одного дня на Марсѣ, онъ, вопреки общему правилу, дважды восходитъ на западѣ и заходитъ на востокѣ и при этомъ дважды проходитъ всѣ лунныя фазы. Во всей солнечной системѣ другого подобнаго примѣра нѣтъ.

Совершенно иное наблюдается на внѣшнемъ спутникѣ Трепетѣ, который совершаетъ свое обращеніе въ періодъ немного болѣе 30 часовъ.

Онъ всего на нѣсколько часовъ отстаетъ отъ вращенія планеты вокругъ ея оси и потому почти не мѣняетъ своего положенія относительно горизонта данной точки на поверхности Марса. Въ теченіе нѣсколькихъ дней онъ не опускается ниже горизонта, а остается все время на небѣ, хотя онъ самъ по себѣ слѣдуетъ за видимымъ обращеніемъ небеснаго свода, но сильно отстаетъ отъ него. При этомъ освѣщеніе спутника мѣняется, такъ что онъ въ теченіе дня на Марсѣ проходитъ почти всѣ фазы: новолуніе, первую четверть, полнолуніе, послѣднюю четверть и опять новолуніе. Такую же смѣну фазъ представляетъ, впрочемъ, для жителей Юпитера его ближайшій спутникъ, именно пятый.

Возвращаясь назадъ къ выясненію нашихъ взглядовъ на исторію развитія членовъ солнечной системы, мы обратимся теперь къ самому солнцу. Это свѣтило также все болѣе и болѣе охлаждается. Изъ прежняго состоянія бѣлаго каленія, въ какомъ еще и теперь находятся звѣзды типа Сиріуса, т. е. перваго спектральнаго типа (см. стр. 329 и сл.), солнце превратилось уже въ желтую звѣзду второго типа. Одиннадцатилѣтній періодъ солнечныхъ пятенъ дѣлаетъ его перемѣнной звѣздой. Если образованіе солнечныхъ пятенъ будетъ усиливаться, и въ концѣ концовъ шлаки займутъ почти постоянное положеніе на поверхности солнца, тогда колебанія яркости не будутъ имѣть уже одиннадцатилѣтняго періода, но будутъ совпадать съ временемъ вращенія солнца. Солнце перейдетъ въ другой классъ перемѣнныхъ звѣздъ. Его свѣтъ будетъ становиться все болѣе и болѣе краснымъ, что является типичнымъ признакомъ перемѣнныхъ звѣздъ этого типа. Оно будетъ принадлежать уже къ звѣздамъ третьяго спектральнаго класса. Въ концѣ концевъ оно совершенно потухнетъ, а съ нимъ прекратится и вся жизнь въ его громадной системѣ. Между тѣмъ планеты все болѣе и болѣе будутъ приближаться къ нему, продолжая жить на счетъ его ослабѣвающей энергіи. Когда, наконецъ, Меркурій упадетъ на солнце, т. е. когда одинъ членъ большой семьи планетъ пожертвуетъ собою для блага другихъ, и солнце внезапно вспыхнетъ въ видѣ новой звѣзды, тогда для планетъ, которыя останутся въ живыхъ, можетъ еще разъ начаться круговоротъ развитія и такъ будетъ повторяться до тѣхъ поръ, пока всѣ планеты не упадутъ на солнце. Когда вслѣдъ затѣмъ солнце опять охладится, то это еще не значитъ, что непремѣнно наступитъ конецъ всей жизни. Если наше солнце стоитъ въ такомъ же отношеніи къ остальнымъ солнцамъ, составляющимъ систему Млечнаго Пути, въ какомъ стоятъ другъ къ другу отдѣльныя части кольца Сатурна, то, конечно, и солнца могутъ группироваться между собою въ системы, и изъ спиральныхъ завитковъ Млечнаго Пути образуются планеты высшаго порядка, которыя явятся почвой для развитія новой величественной жизни, какой мы не можемъ даже и предчувствовать. Задолго передъ этимъ соединеніемъ наше уже охлажденное солнце можетъ приблизиться къ другому еще свѣтящемуся, которое движется на такомъ же разстояніи, какъ и наше, отъ центра большой системы. Тогда вліяніе этого сосѣдняго свѣтила можетъ вызвать и долго поддерживать жизнь на громадномъ тѣлѣ нашего солнца, которое будетъ обращаться въ видѣ спутника вокругъ своего болѣе юнаго товарища. Подобное сближеніе двухъ солнцъ, ведущее къ ихъ полному слитію въ одну общую систему, можетъ произойти и тогда, когда оба свѣтила еще свѣтятъ. Такъ, вѣроятно, и произошли тѣ двойныя звѣзды, которыя обращаются другъ около друга по очень эксцентрическимъ путямъ; при нормальномъ образованіи солнечной системы второе солнце, обращающееся впослѣдствіи въ планету, какъ, напр., Юпитеръ, не можетъ описывать такой эксцентрической орбиты.

Нерѣдкіе случаи перемѣнныхъ звѣздъ типа Альголя свидѣтельствуютъ, что, дѣйствительно, вблизи свѣтящихся солнцъ очень часто оказываются

большія темныя массы, размѣрами равныя солнцу. Могучія дѣйствія приливовъ, какія должны происходить на такихъ свѣтилахъ, постоянно сближаютъ ихъ другъ съ другомъ, причемъ свѣтило, въ началѣ жидкое, принимаетъ форму эллипсоида, вытянутаго въ направленіи къ другому свѣтилу. Эта форма все болѣе удлиняется и въ случаѣ перевѣса центральнаго свѣтила можетъ превратиться опять въ кольцевидное образованіе. Въ такомъ видѣ оно можетъ просуществовать долго. Нѣчто подобное мы наблюдаемъ въ нашей солнечной системѣ на нѣкоторыхъ кометахъ, которыя превращаются въ кольца падающихъ звѣздъ (см. стр. 262). Итакъ, кольцевая форма играетъ громадную роль какъ въ образованіи, такъ и въ распаденіи небесныхъ свѣтилъ.

Сравнительно часто малыя тѣла должны становиться плѣнниками большихъ. Въ такихъ случаяхъ мы любуемся появленіемъ новой звѣзды, которая скоро потухаетъ. Но во всей области мірозданія, поскольку мы его видимъ, со многими милліонами солнцъ, такіе случаи бываютъ много-много одинъ разъ въ десятилѣтіе. Слѣдовательно, столкновеніе солнцъ въ системѣ Млечнаго Пути можетъ совершиться лишь разъ въ теченіе длиннаго ряда тысячелѣтій. Но согласно изложеннымъ нами взглядамъ на развитіе міровъ, мыслимъ случай, что вспыхнетъ новая звѣзда, которая затѣмъ надолго станетъ принадлежностью звѣзднаго неба. Насколько мы знаемъ, ни одного подобнаго случая никогда не наблюдалось въ историческія времена. Но не надо забывать, что сколько нибудь достовѣрныя карты звѣздъ, видимыхъ глазомъ, существуютъ всего нѣсколько столѣтій. Совсѣмъ юная наука, фотометрія, когда нибудь отвѣтитъ намъ на вопросъ, не обнаруживаютъ ли нѣкоторыя звѣзды непрерывнаго ослабленія свѣта, замѣтнаго только послѣ многолѣтнихъ точныхъ измѣреній. Подобныя звѣзды были бы родственны новымъ звѣздамъ. Относительно ихъ пришлось бы допустить, что онѣ вспыхнули когда-то внезапно, но только періодъ ихъ потуханія длится тысячелѣтія, а не мѣсяцы, какъ для новыхъ звѣздъ. Нѣтъ сомнѣнія, что подобныя изслѣдованія заставятъ насъ причислить множество звѣздъ, которыя мы теперь считаемъ постоянными, къ явленіямъ преходящимъ, когда эти звѣзды въ грядущія столѣтія или тысячелѣтія исчезнутъ изъ тѣхъ созвѣздій, которымъ онѣ теперь принадлежатъ; на другихъ же мѣстахъ появятся новыя свѣтила, которыя также измѣнятъ картину нашего небеснаго покрова. Во всякомъ случаѣ старое убѣжденіе въ неизмѣнности небеснаго свода давно бы уже должно было уступить мѣсто иному болѣе правильному представленію. Если бы мы могли мысленно ускорить время, такъ чтобы тысячелѣтія сократились въ секунды, то передъ нашими глазами вѣчныя свѣтила проносились бы въ пространствахъ вселенной, какъ падающія звѣзды, и солнца падали бы, какъ падаютъ осенніе листья съ деревьевъ. Но на мѣстѣ ихъ возникали бы новыя, стремясь наполнить вселенную.

Но эти круговороты явленій въ области солнечныхъ міровъ, эти колебанія между возникновеніемъ и гибелью никогда не могутъ смѣняться въ предѣлахъ одного и того же количества вещества, если только справедливо наше воззрѣніе. Когда какая нибудь солнечная система соберетъ къ одному центру всю свою массу и вещество ея совершенно охладится, то возродиться къ новой жизни она можетъ только въ томъ случаѣ, если столкнется съ другой бо̀льшей массой. Столкновеніе можетъ быть столь сильнымъ, что все вещество обѣихъ массъ вновь превратится въ газы, и весь описанный до сихъ поръ ходъ развитія можетъ начаться снова. Но количество атомовъ, участвующихъ теперь въ процессѣ, больше, чѣмъ было при послѣднемъ круговоротѣ. Они теперь въ состояніи образовать міръ не только бо̀льшихъ размѣровъ, но и болѣе совершенный въ своихъ отдѣльныхъ частяхъ, благодаря бо̀льшему числу возможныхъ комбинацій. Во всей области, доступной нашему знанію, мы не видимъ никакой иной силы,

кромѣ такого столкновенія, которая могла бы вызвать къ новой дѣятельности атомы, однажды пришедшіе въ состояніе покоя. Слѣдовательно процессъ сгущенія, который, какъ мы уже знаемъ, совершается всюду въ міровыхъ системахъ меньшаго порядка, долженъ принимать все бóльшіе размѣры и объединять все болѣе обширные комплексы міровъ. Порядокъ цѣлаго долженъ становиться все совершеннѣе и стройнѣе.

Постоянный прогрессъ при смѣнѣ круговоротовъ мы встрѣчаемъ всюду въ природѣ, въ самой узкой области опредѣленныхъ, ритмически совершающихся процессовъ. При поверхностномъ взглядѣ одинъ день похожъ на другой, одно лѣто на всѣ ему предшествовавшія. Но въ дѣйствительности каждый новый день кое что заимствуетъ изъ предыдущаго. Весною всякій ребенокъ видитъ, какъ просыпающаяся природа съ каждымъ новымъ днемъ, съ которымъ солнце поднимается выше, становится все прекраснѣе. Правда, позже осенній вѣтеръ срываетъ цвѣты, листву и плоды, созрѣвшіе въ лѣтніе жары, и бросаетъ ихъ на землю, изъ которой они произошли, однако они умножаютъ плодородіе почвы, и на слѣдующій годъ возмужавшее дерево можетъ добыть изъ почвы больше соковъ, нужныхъ ему теперь. Элементы минеральнаго царства, которые еще не шли на постройку тканей высоко организованныхъ живыхъ существъ, перерабатываются при этомъ въ молекулы болѣе тонкаго строенія, съ какими имѣетъ дѣло только органическая химія. Чѣмъ чаще идетъ въ дѣло этотъ строительный матеріалъ, тѣмъ лучше приспособляется онъ къ своей задачѣ, тѣмъ болѣе совершенныя творенія онъ можетъ создавать. На гранитныхъ первозданныхъ породахъ, образовавшихъ первые острова на первомъ морѣ, омывавшемъ нѣкогда всю землю, не могло бы взойти сѣмя высшаго растенія, напр., лиственнаго дерева, даже если бы остальныя условія и были подходящи для этого. И въ наше время на такой почвѣ мы находимъ только примитивный лишай и много-много, если встрѣтимъ крайне неприхотливыя хвойныя деревья: — это первыя деревья, составлявшія пейзажъ первобытныхъ эпохъ. Путешествуя и нынѣ въ горахъ средней величины, гдѣ разница въ высотѣ не отражается на распредѣленіи растеній, можно часто замѣтить такой порядокъ, что болѣе высоко организованныя формы селятся на геологически болѣе старой почвѣ: лиственныя деревья всегда нуждаются въ значительномъ слоѣ гумуса, который накопляется въ большинствѣ случаевъ только продолжительной переработкой осадочныхъ горныхъ породъ.

Факты, добытые геологіей, подтверждаютъ, что и въ развитіи органической природы, постепенно овладѣвшей всею землей, также наблюдается прогрессивный ходъ, хотя вслѣдствіе неоднократно наступавшихъ ледниковыхъ эпохъ и здѣсь замѣчается круговоротъ громадныхъ, неизвѣстныхъ намъ размѣровъ, представлявшій колебанія вверхъ и внизъ. Органическая лѣстница шла также вверхъ и пользовалась для созданія и поддержанія жизни высшихъ организмовъ все болѣе сложной молекулярной группировкой. Это подтверждается, напр., тѣмъ, что въ настоящее время животныя не въ состояніи усвоивать неорганическихъ веществъ и строить изъ нихъ тканей своего тѣла, но принуждены питаться исключительно органическими соединеніями, образующимися въ растеніяхъ изъ элементовъ минеральнаго царства.

Даже въ высшемъ проявленіи жизни, въ разумѣ, воплотившемся въ человѣкѣ, обнаруживается то же круговое движеніе по восходящей спирали. Отдѣльная личность должна неминуемо пасть жертвой смерти, не знающей пощады; но зато эта смерть очищаетъ поле для новой высшей ступени жизни. Капиталъ знанія и опыта, накопленный отцами, остается въ наслѣдство дѣтямъ. То, что изъ дѣлъ людей цѣнно для грядущихъ поколѣній, продолжаетъ жить и послѣ ихъ смерти и расширяетъ, облагораживаетъ

міръ разума, который только-только расцвѣлъ на нашей землѣ. Совершенно такъ же, какъ матерія, переработанная организмами, одна дѣлаетъ возможнымъ развитіе болѣе совершенныхъ существъ, такъ и запасъ переработанныхъ идей облегчаетъ развитіе разума на пути къ высшему совершенству. Сумму общаго образованія, составляющую основаніе разумной личности, можно сравнить съ тѣмъ плодороднымъ слоемъ гумуса, который по мѣрѣ развитія земли постоянно распространяется все дальше и дальше.

Правда, въ границахъ отдѣльнаго міра, какъ, напр., земля, какъ для развитія матеріи, такъ и для развитія духа, поставленъ предѣлъ, за которымъ начинается нисходящій путь. Когда нибудь всякій слѣдъ духовной жизни какъ у насъ на землѣ, такъ и на всѣхъ другихъ свѣтилахъ исчезнетъ, и слѣдующій міръ, который заступитъ мѣсто нашего, ничего не заимствуетъ изъ великихъ подвиговъ героевъ духа, наполнявшихъ когда-то тысячелѣтія. Философы много думали о цѣли сознанія. Мы не будемъ повторять здѣсь ихъ мыслей. Но по нашему мнѣнію, всякая міровая организація, которая дала, какъ высшій цвѣтъ, самосознаніе, и привела къ восхищенному созерцанію своей собственной красоты, выполнила совершенно свое назначеніе.

Каждый міръ и каждую міровую систему можно разсматривать, какъ отдѣльное существо и въ то же время, какъ часть нѣкотораго существа. Жизнь и сознаніе отдѣльнаго міра можно сравнить съ жизнью и сознаніемъ отдѣльной клѣточки въ большомъ организмѣ, общее сознаніе котораго развивается благодаря смѣнѣ рожденія и гибели отдѣльныхъ частей. Подобно тому, какъ высоко организованныя существа для своей жизни пользуются продуктами, образующимися изъ разложенія ихъ предшественниковъ, точно также и изъ распаденія гибнущихъ міровъ возникаютъ міровыя системы, тѣмъ выше организованныя, чѣмъ выше была организація первыхъ. Это подтверждается хотя бы тѣмъ, что при непрерывно прогрессирующемъ сгущеніи міровой матеріи образуются все болѣе сложныя химическія соединенія. Уже теперь съ достаточной вѣроятностью можно высказать предположеніе, что тѣла, которыя мы считаемъ химическими элементами, въ дѣйствительности не элементы, но очень прочныя соединенія неизвѣстныхъ, болѣе простыхъ веществъ, не разлагающіяся ни при какихъ условіяхъ въ нашей міровой организаціи. Въ мірахъ болѣе высокаго порядка извѣстныя намъ химическія соединенія будутъ представляться элементами и количество соединеній, которыя могутъ образоваться изъ этого новаго числа элементовъ, будетъ возрастать. На языкѣ нашего атомистическаго воззрѣнія мы можемъ это выразить такъ: первичныя мельчайшія системы молекулъ становятся организованными все совершеннѣе и сложнѣе. На какой точкѣ начнется развитіе новаго міра, будетъ зависѣть отъ того, до какой ступени развитія дошелъ распавшійся міръ, на „гумусѣ“ котораго расцвѣтаетъ новый. Правда, неизбѣжное столкновеніе, о которомъ мы говорили, можетъ снова разъединить всѣ соединенія, но при существованіи уже переработанной міровой матеріи въ новомъ развитіи могутъ быть опущены нѣкоторыя ступени, и въ общемъ развитіе пойдетъ все таки прогрессивнымъ путемъ. Надо также принять въ разсчетъ, что въ виду непрерывнаго возрастанія массы, образующей новый міръ, при столкновеніяхъ отдѣльныхъ частей, живая сила должна расходоваться все болѣе и болѣе, удары будутъ давать все болѣе слабый результатъ, а маятникообразные размахи атомовъ все будутъ ослабѣвать, распаденіе молекулъ будетъ совершаться труднѣе и труднѣе; а согласно нашему мнѣнію, это признакъ высшей ступени развитія, за которой начинается новый міръ.

Итакъ, мы пришли къ убѣжденію, что въ вѣчномъ круговоротѣ между рожденіемъ и смертью, который проявляется во всѣхъ міровыхъ организаціяхъ, начиная отъ неизмѣримо малыхъ до столь же неизмѣримо большихъ, отъ молекулъ до системъ Млечныхъ Путей, повсюду остается нѣко-

торый плюсъ, хотя и небольшой, который идетъ на пользу общаго прогресса всего громаднаго цѣлаго. Если даже вся область мірозданія, какую только мы можемъ охватить нашимъ конечнымъ умомъ, должна погибнуть по неумолимымъ требованіямъ логики, то, вѣдь, она есть лишь небольшая часть безконечной вселенной. Если внѣ ея нѣтъ вещей, стоящихъ въ противорѣчіи съ основными свойствами извѣстной намъ матеріи, — (только при этомъ условіи, конечно, мы можемъ разсуждать о данномъ вопросѣ), — то и въ этомъ мірѣ, лежащемъ внѣ ея, будетъ дѣйствовать великій принципъ порядка, подъ вліяніемъ котораго совершится дальнѣйшій отборъ годнаго отъ негоднаго, полезнаго отъ вреднаго, и такимъ образомъ стремленіе къ совершенству будетъ вѣчно идти впередъ.

Конечно, опять мы не должны представлять себѣ законченной безконечности міровыхъ явленій. Если матерія сгущается вѣчно, то въ концѣ концевъ она должна собраться въ міровыя тѣла наибольшей плотности, лишенныя движенія относительно другъ друга. Такъ какъ міровое пространство, отдѣляющее ихъ, будетъ совершенно пусто, они не будутъ оказывать никакого дѣйствія другъ на друга и будутъ мертвы. Тогда во всей вселенной наступитъ царство вѣчнаго покоя смерти, и не будетъ никакой возможности возрожденія. Но такое состояніе такъ называемой энтропіи, котораго такъ боятся нѣкоторые мыслители, не можетъ наступить ни въ какомъ будущемъ. Это неоспоримо доказывается намъ живымъ настоящимъ, котораго, къ нашему счастью, не можетъ отвергнуть никакая философія: вѣчность времени лежитъ настолько же позади насъ, на сколько мы ее допускаемъ и впереди. Слѣдовательно, состояніе абсолютнаго покоя должно было бы господствовать уже и теперь. Но такъ какъ этого нѣтъ, то мы вправѣ думать, что во всѣ будущія времена, какія только можно мыслить, движеніе и жизнь, совершенствующаяся красота и порядокъ будутъ развиваться все дальше и дальше, передаваясь отъ системы къ системѣ, отъ мірозданія къ мірозданію.

Указатель.

Библіографическій указатель русской литературы по Астрономіи.

Помѣщаемыя мною отъ времени до времени въ распространенныхъ газетахъ и журналахъ статьи по Астрономіи вызываютъ иногда переписку съ интересующимися возвышенною наукою Астрономіей; я неоднократно получалъ письма съ просьбою указать литературу по тому или другому вопросу Астрономіи. Пользуясь случаемъ, я прилагаю къ настоящей книгѣ краткій библіографическій указатель по Астрономіи. Долженъ оговориться, что я вовсе не имѣлъ въ виду составить полнаго указателя: это представило бы сухой перечень именъ безъ особенной для читателя пользы. Я выбралъ лучшія книги и статьи, на которыя и обращаю вниманіе читателя.

I. По Общей Астрономіи.

1. Ньюкомбъ, Общедоступная Астрономія въ переводѣ Дрентельна. Изданіе К. Риккера, Спб. Первоклассное сочиненіе, дополненное Энгельманомъ и Фогелемъ; превосходный переводъ. Эта книга можетъ быть названа Энциклопедіей Астрономіи; настольная книга всѣхъ астрономовъ.
2. Клейнъ, Астрономическіе вечера, въ переводѣ К. Пятницкаго, изданіе 3-е, Спб., 1900 г. Изящное изложеніе Астрономіи въ ея историческомъ развитіи; богато иллюстрированное изданіе; написано увлекательно и читается легко. Не смѣшивайте съ московскимъ изданіемъ.
3. Митчель, Небесныя свѣтила. Превосходная Астрономія; къ сожалѣнію можетъ быть пріобрѣтена только случайно, у букинистовъ. Переводъ А. Мина; Москва.
4. Стидменъ Алдисъ, Смотри на небо; изд. Павленкова; перев. В. В. Серафимова. Книга написана весьма толково и можетъ быть рекомендуема для начинающихъ.
5. Астрономія Фламмаріона, въ перев. Предтеченскаго; изданіе Павленкова.
6. Соколовскій, Энциклопедія для юношества; I Астрономія.

II. По особымъ отдѣламъ Астрономіи.

1. Юнгъ, Солнце, въ переводѣ Л. Малиса; изданіе „Знанія“, Спб. Авторитетное имя Юнга не нуждается въ рекомендаціи: всякій, изучающій солнце, не можетъ обойтись безъ этой книги.
2. Левицкій, О наблюденіи солнца, въ Извѣстіяхъ Русскаго Астрономическаго Общества, вып. V. Превосходное наставленіе для производства наблюденій солнца.
3. Глазенапъ, Кометы и падающія звѣзды, Спб.
4. Глазенапъ, Перемѣнныя звѣзды, Извѣстія Русск. Астрономическаго Общества, вып. I. Въ этой статьѣ изложены правила для производства наблюденій надъ перемѣнными звѣздами простымъ театральнымъ биноклемъ. По своей доступности эти наблюденія заслуживали-бы широкаго распространенія. Въ послѣднее время, благодаря спектральному анализу, раскрыта тайна измѣненія блеска звѣздъ, и перемѣнныя звѣзды заняли выдающееся мѣсто въ наукѣ. Въ тѣхъ-же Извѣстіяхъ Русскаго Астрономич. Общ—ва помѣщено нѣсколько статей С. П. Глазенапа о наблюденіи перемѣнной звѣзды В. Lyrae.
5. Я. Мессеръ, Звѣздный атласъ. Изданіе К. Риккера, Спб. Превосходный атласъ.
6. К. Покровскій, Путеводитель по небу. Изданіе Маркса, Спб. Я особенно рекомендую эту книгу всѣмъ желающимъ производить астрономическія наблюденія.

7. Русскiй астрономическiй календарь. Изданiе Нижегородск. Кружка любителей Физики и Астрономiи, подъ ред. С. В. Щербакова. Необходимое пособiе всякаго интересующагося и любителя Астрономiи. Издается ежегодно.
8. За океанъ, В. Витковскаго. Прекрасное описанiе нѣкоторыхъ иностранныхъ обсерваторiй, особенно сѣверо-американскихъ.

III. Журнальныя статьи.

Изъ оригинальныхъ статей, помѣщаемыхъ въ журналахъ и газетахъ, я особенно рекомендую статьи, помѣщаемыя въ изданiяхъ:

1. „Новое Время“, въ которомъ постоянно помѣщаются мои статьи.
2. „Мiръ Божiй“, въ которомъ помѣщаются статьи К. Д. Покровскаго, автора „Путеводителя по небу“.
3. „Извѣстiя Русскаго Астрономическаго Общества“, въ нихъ помѣщаются статьи русскихъ астрономовъ. Въ „Извѣстiяхъ“ читатель найдетъ цѣлый рядъ статей, необходимыхъ для каждаго, желающаго производить астрономическiя наблюденiя. Я особенно обращаю вниманiе читателей на эти „Извѣстiя“; прибавлю, что всѣ дѣйствительные члены Общества получаютъ „Извѣстiя“ и всѣ изданiя Общества безплатно; дѣйствительнымъ же членомъ Общества можетъ быть всякiй интересующiйся и занимающiйся Астрономiей. (Членскiй взносъ — 5 руб. въ годъ и при вступленiи единовременно 5 руб. за дипломъ). Общество имѣетъ премiи, выдаваемыя за лучшiя научныя работы: 1) премiя Государя Императора Николая Александровича — на сумму 1000 руб. ежегодно; 2) премiя имени профессора С. П. фонъ-Глазенапа въ размѣрѣ 200 р., выдаваемая въ видѣ золотой медали по тѣмъ отдѣламъ науки, которыми занимался С. П. Глазенапъ, и 3) учреждаемая въ настоящее время премiя имени астронома А. Ѳ. Голубева; она будетъ выдаваться предпочтительно за открытiе русскими подданными кометы, появленiе которой не ожидалось; размѣръ премiи — 350 руб. Розысканiе кометъ — это та область, въ которой любители астрономiи могутъ идти впереди спецiалистовъ. Теплыя и ясныя ночи юга Россiи особенно благопрiятствуютъ розысканiю кометъ. Русское Астрономическое Общество состоитъ подъ покровительствомъ Государя Императора Николая Александровича.

Ограничиваясь настоящимъ краткимъ перечнемъ, я не сомнѣваюсь, что чтенiе означенныхъ книгъ введетъ читателя въ кругъ настоящихъ любителей астрономiи и въ число дѣйствительныхъ членовъ Русскаго Астрономическаго Общества; подъ именемъ настоящихъ любителей Астрономiи я понимаю не только тѣхъ, кто любуется небомъ, а кто производитъ наблюденiя. Наблюденiе-же небесныхъ свѣтилъ и небесныхъ явленiй доставляетъ несравненно больше удовольствiя, чѣмъ простое созерцанiе, которое скоро надоѣдаетъ.

Профессоръ **С. Глазенапъ.**



Изданія





Спб., 1903 г.

Золотая медаль



Спб., 1904 г.

Книгоиздательскаго Товарищества

„Просвѣщеніе“

С.-Петербургъ, 7 рота, д. № 20.

„Библіотека Просвѣщенія“.

			Въ перепл.	
	р.	к.	р.	к.
№ 1. ***Карлъ Марксъ.*** Нищета философіи		39	—	51
№ 2. ***В. Зомбартъ.*** Рабочій вопросъ.	—	27		39
№ 3. ***Н. Сувировъ.*** Государственное страхованіе рабочихъ въ Германіи	—	49	—	61
№ 4. ***Большіе города,*** ихъ общественное, политическое и экономическое значеніе. Сборникъ статей проф. *К. Бюхера, Г. Майра, Г. Зиммеля* и др.	—	44		56
№ 5. ***А. Менгеръ.*** Право на полный продуктъ труда.		30		42
№ 6. ***Ф. Мерингъ.*** Объ историческомъ матеріализмѣ	—	15		27
№ 7. ***П. Гере.*** Какъ священникъ сталъ соціалъ-демократомъ	—	6	—	—
№ 8. ***Т. Курти.*** Всенародное голосованіе въ Швейцаріи	—	7	—	—
№ 9. ***Грейлихъ.*** Буржуазная революція и освободительная борьба рабочаго класса	—	8		
№ 10. ***Э. Зелигманъ.*** Экономическое пониманіе исторіи	—	17	—	29
№ 11. ***А. Менгеръ.*** Гражданское право и неимущіе классы.	—	45		57
№ 12. ***А. Бебель.*** Шарль Фурье, его жизнь и ученье		42		54
№ 13—14. ***Ш. Боржо.*** Учрежденіе и пересмотръ конституцій въ Европѣ и Америкѣ; вып. I—II. по	—	35		47
№ 15. ***П. Стрѣльскій.*** Самоорганизація рабочаго класса		50	—	62
№ 16. ***Фр. Мерингъ.*** Исторія германской соціалъ-демократіи; вып. I	—	35		47
№ 17. ***Э. Виллей.*** Какъ производятся въ Западной Европѣ выборы въ парламентъ	—	15	—	27
№ 18. ***Карлъ Марксъ.*** Классовая борьба во Франціи въ 1848—1850 гг.	—	25	—	37
№ 19. ***В. Вейтлингъ.*** Человѣчество, каково оно есть и какимъ оно должно быть.	—	12	—	—
№ 20. ***Л. Мовичъ.*** Великое Учредительное Собраніе 1789 г.	—	45	—	57
№ 21. ***А. Шеффле.*** Квинтъ-эссенція соціализма.	—	18	—	30
№ 22. ***Лиссагарэ.*** Исторія Коммуны; вып. I	—	60	—	72
№ 23. ***Лиссагарэ.*** Исторія Коммуны; вып. II.	—	65		77
№ 24. ***Г. Роландъ-Гольстъ.*** Всеобщая стачка и соціалъ-демократія	—	45		57
№ 25—26. ***В. Либкнехтъ.*** Робертъ Блюмъ и революція 48 г. въ Германіи, вып. I и II по	—	40	—	52
№ 27. ***В. Зомбартъ.*** Политическая экономія промышленности	—	50	—	62
№ 28. ***А. Менгеръ.*** Новое ученіе о нравственности	—	20	—	32
№ 29. ***Шарль Жидъ.*** Соціально-экономическіе итоги XIX столѣтія	—	55	—	67
№ 30. ***Г. Грейлихъ.*** О матеріалистическомъ пониманіи исторіи	—	7	—	
№ 31. ***В. Либкнехтъ.*** Обоснованіе Эрфуртской программы	—	10	—	
№ 32. ***Фр. Мерингъ.*** Исторія германской соціалъ-демократіи, вып. II	—	50	—	62
№ 33. ***Записки рабочаго.*** Съ предисловіемъ *П. Гере*	—	55		67
№ 34. ***Г. Мохъ.*** Постоянная армія и милиція	—	55	—	67
№ 35. ***К. Фроме.*** Монархія или республика?	1		1	12
№ 36. ***В. Зомбартъ.*** Пролетаріатъ въ Америкѣ	—	30	—	42
№ 37. ***Эм. Калеръ.*** Вильгельмъ Вейтлингъ	—	35	-	47

	р.	к.	Въ перепл. р.	Въ перепл. к.
№ 38. *Д-ръ* **Люксъ.** Этьеннъ Кабе и Икарійскій коммунизмъ	—	65	—	77
№ 39. **Н. Г. Помяловскій.** Очерки бурсы	—	75	—	87
№ 40. **Н. Г. Помяловскій.** Вуколъ	—	10	—	—
№ 41. **Н. Г. Помяловскій.** Мѣщанское счастье	—	50	—	62
№ 42. **Н. Г. Помяловскій.** Молотовъ	—	75	—	87

Открыта подписка на новое изданіе:

	р.	к.	Въ перепл. р.	Въ перепл. к.
Исторія германской соціалъ-демократіи. Сочиненіе **Фр. Меринга.** 8 выпусковъ. Цѣна по подпискѣ	3	—	—	—

Популярно-научные альбомы картинъ по естествознанію и географіи.

	р.	к.	Въ перепл. р.	Въ перепл. к.
Альбомъ картинъ по зоологіи млекопитающихъ. Текстъ проф. ***В. Маршалля.*** Пер. *Г. Г. Якобсона* и *Н. Н. Зубовскаго,* съ пред. проф. *Ю. Н. Вагнера.* 258 рис. Въ изящн. кол. перепл.	—	—	1	75
Альбомъ картинъ по зоологіи птицъ. Текстъ проф. ***В. Маршалля.*** Пер. *Г. Г. Якобсона* и *Н. Н. Зубовскаго,* съ пред. проф. *Ю. Н. Вагнера.* 238 рис. Въ изящн. кол. перепл.		—	1	75
Альбомъ картинъ по зоологіи рыбъ. Текстъ проф. ***В. Маршалля.*** Пер. *Г. Г. Якобсона* и *Н. Н. Зубовскаго.* 208 рис. Въ изящн. коленкор. перепл.	—	—	1	75
Альбомъ картинъ по зоологіи низшихъ животныхъ. Текстъ проф. ***В. Маршалля.*** Пер. *Г. Г. Якобсона.* 292 рис. Въ изящн. коленкор. перепл.	—	—	1	75
Школьный атласъ картинъ изъ „Жизни животныхъ" Брэма. *Отдѣлъ зоологіи.* 55 табл. Больш. альбомъ in folio въ папкѣ	—	—	1	75
Альбомъ картинъ по географіи растеній. Текстъ д-ра ***М. Кронфельда.*** Перев. прив.-доц. ***А. Г. Генкеля.*** 216 рисунк. Въ изящн. коленкор. перепл.	—		1	75
Альбомъ картинъ по географіи Европы. Текстъ д-ра ***А. Гейстбека.*** Пер. съ доп. *А. П. Нечаева,* съ пред. *Д. А. Коропчевскаго.* 233 рис. Въ изящн. кол. перепл.	—	—	1	50
Альбомъ картинъ по географіи внѣевропейск. странъ. Текстъ д-ра ***А. Гейстбека.*** Пер. ***А. П. Нечаева,*** съ пред. проф. *Д. А. Коропчевскаго.* 325 рис. Въ изящн. кол. перепл.	—	—	1	75

	р.	к.	Въ перепл. р.	Въ перепл. к.
Прошлое и настоящее Японіи. Соч. ***Т. А. Богдановичъ.*** Сост. по новѣйшимъ источникамъ, съ приложеніемъ текста японской конституціи. 440 стр., 25 худож. прилож.	1	25	1	75
Манчжурія. Соч ***А. Домбровскаго и В. Ворошилова,*** по новѣйшимъ даннымъ. Приложенія (геогр. карта, русско-китайскій словарь и пр.).	—	—	1	60
Сибирь и ея экономическая будущность. Соч. ***Кл. Оланъона,*** съ предислов. ***Фр. Пасси.*** 15 иллюстрированныхъ приложеній	2	—	2	50
Жизнь бабочекъ. Соч. проф. ***Штандфусса.*** Пер. и доп. подъ ред. *И. Я. Шевырева.* 200 рис.	2	50	3	25
Хрестоматія для устн. и письм. сочин., съ прил. 15 карти Составили преподаватели ***В. Н. Куницкій*** и ***А. Л. Погодинъ***	—	60	—	

Типографія Т-ва „Просвѣщеніе", Спб., 7 рота, 20.

